



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

REVISIÓN SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TERAPIA VISUAL. EVIDENCIAS CIENTÍFICAS

Luis Marqués Cornago

DIRECTORA: Lluïsa Quevedo i Junyent

DEPARTAMENTO: Óptica y Optometría

Terrassa, 19 de Enero de 2019

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, Enero 2019. Tots els drets reservats



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

REVISIÓN SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TERAPIA VISUAL. EVIDENCIAS CIENTÍFICAS

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Máster recopila la evidencia científica más relevante sobre la aplicación de nuevas tecnologías en terapia visual. En primer lugar, se aborda el concepto de aprendizaje perceptivo y, seguidamente, se analizan los videojuegos de acción y las habilidades visuoperceptivas que se ven mejoradas tras su uso. También se describen las principales consideraciones metodológicas, así como el problema de la especificidad en este tipo de estudios. Posteriormente, se enumeran y describen los principales y más actuales programas, instrumentos y prototipos. Se hace especial hincapié en describir dispositivos Eyetracker y de Realidad Virtual. A continuación, se analizan las principales habilidades visuales que a través de estas nuevas tecnologías se ven mejoradas. Destaca la recopilación de evidencia científica sobre la aplicación en Ambliopía, Presbicia e insuficiencias de convergencia. Además se explica por qué la investigación se ve tan impulsada en el área deportiva. Por último, se pone en relieve la importancia del tema tratado y de integrar estas nuevas tecnologías de manera equilibrada dentro del protocolo de terapia visual.

Descriptores/Palabras clave:

Nuevas tecnologías, Terapia visual, Realidad Virtual, Ambliopía.



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

REVISIÓN SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TERAPIA VISUAL. EVIDENCIAS CIENTÍFICAS

RESUM

El present Treball Final de Màster recopila l'evidència científica més rellevant sobre l'aplicació de noves tecnologies en teràpia visual. En primer lloc, s'aborda el concepte d'aprenentatge perceptiu i, seguidament, s'analitzen els videojocs d'acció i les habilitats visuoperceptives que es veuen millorades després del seu ús. També es descriuen les principals consideracions metodològiques, així com el problema de l'especificitat en aquest tipus d'estudis. Posteriorment, s'enumeren i es descriuen els principals i més actuals programes, instruments i prototips. Es dona especial rellevància a descriure dispositius com ara l'Eyetracker i de realitat virtual. A continuació, s'analitzen les principals habilitats visuals que a través d'aquestes tecnologies es veuen millorades. Destaca la recopilació d'evidència científica sobre l'aplicació en ambliopia, presbícia i insuficiències de convergència. Per acabar, es posa en relleu la importància del tema tractat i d'integrar aquestes noves tecnologies de manera equilibrada dins del protocol de teràpia visual.

Descriptores/Paraules clau.

Noves tecnologies, Teràpia visual, Realitat Virtual, Ambliopia.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRÍA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

REVISIÓN SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TERAPIA VISUAL. EVIDENCIAS CIENTÍFICAS

ABSTRACT

The present Master's Dissertation collects the most significant scientific evidence on the application of new technologies in visual therapy. First, the concept of perceptual learning is addressed. Afterwards, the action video games and visual-perceptual skills that are improved after their use are analyzed. The main methodological considerations are also described, as well as the problem of specificity in this type of studies. Subsequently, the main and most current programs, instruments and prototypes are listed and described. Special emphasis is placed on describing Eyetracking and Virtual Reality devices. Next, the main visual skills that are improved through these new technologies are analyzed. It highlights the collection of scientific evidence on the application in Amblyopia, Presbyopia and convergence insufficiencies. Why the research is so boosted in the sports area is also exposed. Finally, the importance of the topic together with the relevance of integrating these new technologies within the protocol of visual therapy in a balanced way is highlighted.

Descriptors/Keywords.

New technologies, Visual Therapy, Virtual Reality, Amblyopia.

ÍNDICE.

| | |
|---|--------------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 7 |
| 2. OBJETIVOS | 8 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODO | 8-9 |
| 3.1. Estrategia, búsqueda y criterios de inclusión..... | 8-9 |
| 4. RESULTADOS | 10-46 |
| 4.1. Aprendizaje perceptivo..... | 10-12 |
| 4.1.1. La especificidad como limitación | 11-12 |
| 4.2. Videojuegos | 12-16 |
| 4.2.1. Videojuegos de acción | 12-14 |
| 4.2.2. Tipos de diseño | 14-15 |
| 4.3.3. Consideraciones metodológicas | 15-16 |
| Motivación | 15 |
| Importancia del Juego placebo | 16 |
| 4.3. Mejora de las habilidades visuoperceptivas a través de los videojuegos de acción | 17-21 |
| 4.3.1. Agudeza Visual y Sensibilidad al Contraste | 17-18 |
| 4.3.2. Atención Visual..... | 18-19 |
| 4.3.3. Coordinación Visuo Motora | 19-20 |
| 4.3.4. Rendimiento Lector | 20-21 |
| 4.4. Terapia Visual y Nuevas tecnologías | 21-32 |
| 4.4.1. Plataformas digitales..... | 22-23 |
| 4.4.2. Eyetracker | 23-24 |
| 4.4.3. Plataformas de luces..... | 24-25 |
| 4.4.4. Programas informáticos..... | 25-27 |
| 4.4.5. Dispositivos especializados | 27-31 |
| 4.4.6. Realidad Virtual..... | 31-32 |
| 4.5. Mejora de las habilidades visuales a través de las nuevas tecnologías..... | 33-46 |
| 4.5.1. Deporte..... | 33-35 |
| 4.5.2. Ambliopía | 35-40 |
| 4.5.3. Presbicia y Edad avanzada | 40-42 |
| 4.5.4. Disfunción binocular. Insuficiencia de Convergencia | 43-44 |
| 4.5.5. Accidentes cerebrovasculares | 44-45 |
| 4.5.6. Ocupaciones específicas..... | 46 |
| 4.5.7. DMAE..... | 46 |
| 5. CONCLUSIONES | 47-48 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 49-56 |

1. INTRODUCCIÓN.

La capacidad de aprender es una de las habilidades más importantes que posee el ser humano. No es una excepción de nuestra especie, ya que, en general todos los animales son capaces de adquirir habilidades y alterar su comportamiento como resultado de la experiencia. (1)

Actualmente tenemos la evidencia de que a través de un correcto entrenamiento es posible mejorar una habilidad y esto es extrapolable al ámbito perceptivo, cognitivo y motor. (2,3,4,5,6) A ello debemos añadir el gran paso que dio la neurociencia al descubrir que existe plasticidad cerebral a cualquier edad. (7,8)

Para que el aprendizaje sea de calidad, las herramientas neurológicas básicas deberán estar totalmente desarrolladas. Entre éstas herramientas destacan las relacionadas con el procesamiento visual, el procesamiento auditivo y la psicomotricidad. Esta revisión se centrará principalmente en las capacidades visuales y en la posibilidad de mejorar las diferentes habilidades perceptivas y motoras asociadas. (9,10)

Hoy en día las nuevas tecnologías están muy presentes en la sociedad. Por ello, vale la pena considerar si nos podemos valer de ellas para conseguir nuestro objetivo (10). Quizás pueden servirnos como herramienta para minimizar el impacto del envejecimiento o para fortalecer determinadas habilidades fundamentales. Y quizás también podamos emplearlas en las deficiencias del Sistema Nervioso Central (SNC) no asociadas al envejecimiento o incluso en ámbitos mucho más específicos y no tan clínicos como es el área deportiva. (11)

En primer lugar vamos a describir qué es el aprendizaje perceptivo. A continuación hablaremos sobre la gran especificidad de la mayoría de los estudios, que supone un gran obstáculo en la posterior aplicación a la rehabilitación visual.

A partir de ahí nos adentraremos en las nuevas tecnologías. Como punto de partida, analizaremos los videojuegos y concretamente nos centraremos en los más eficientes en el aprendizaje visual. Detallaremos qué habilidades visuo-perceptivas son beneficiadas por el uso de videojuegos de acción y seguidamente pondremos la atención en los diferentes dispositivos que han ido desarrollándose en esta área. Por último, analizaremos más a fondo los diferentes campos de aplicación de estas nuevas tecnologías.

2. OBJETIVOS.

- Recopilar los estudios científicos más relevantes que traten sobre la efectividad de la aplicación de las nuevas tecnologías en terapia visual.
- Enumerar las diferentes habilidades visuoperceptivas que pueden ser mejoradas a través del entrenamiento con videojuegos de acción.
- Enumerar los dispositivos más empleados hoy en día en la terapia visual para las diferentes áreas de especialización.
- Analizar las principales habilidades visuales que pueden verse mejoradas a través del empleo de nuevas tecnologías.
- Tratar de entender las limitaciones actuales de estas tecnologías y conocer el estado vigente de la investigación en esta área.

3. MATERIAL Y MÉTODO.

Se realizó una revisión exhaustiva de documentos de sociedades científicas dedicadas a salud visual. Además se consiguió información directamente de estudios científicos, artículos, libros, fuentes originales y otras revisiones de literatura relacionadas con el tema tratado.

3.1 Estrategia, búsqueda y criterios de inclusión.

En primer lugar se llevó a cabo una búsqueda electrónica avanzada empleando la base de datos *PubMed*. Se utilizaron las siguientes combinaciones de palabras clave: “Virtual Reality AND Therapy visual”, “Visual perceptual learning”, “Visual Training”, “Video-Game AND visión”. En todos los casos se acotó la exploración marcando que se tratase de estudios científicos referidos a humanos y publicados en los últimos quince años. Además de todo ello mediante la opción de búsqueda avanzada se destacaron los artículos que contuviesen las palabras clave anteriormente mencionadas en el título y/o en el resumen de la publicación. De esta manera se consiguieron los resultados más adecuados para el tema que nos ocupa.

Seguidamente se prosiguió con la búsqueda científica en *Google Scholar*, *SciELO* y en la *Biblioteca Cochrane Plus*. Utilizando ecuaciones de búsqueda similares a las empleadas con *PubMed*, se encontraron revisiones sistemáticas de literatura científica así como guías y documentos publicados por sociedades y asociaciones profesionales nacionales e internacionales.

Para completar la revisión bibliográfica fue necesario el análisis de todos los artículos encontrados. A través de algunos de ellos se añadieron nuevas referencias bibliográficas. Es decir, analizando los artículos y sus bibliografías se consiguió descubrir otros estudios de impacto que nos sirvieron a la hora de redactar este trabajo y que de otra forma hubiera sido más difícil encontrar. A través de la web convencional también se localizaron páginas gubernamentales nacionales e internacionales de las que fundamentalmente se extrajo material demográfico (OMS, CSIC).

Por último, a parte de la búsqueda digital, también se llevó a cabo una búsqueda en literatura impresa acerca del desarrollo visual y su relación con las nuevas tecnologías.

Se ha utilizado Microsoft Office Word 2007 como procesador de textos. Esta aplicación informática fue creada por la empresa Microsoft y emplea un sistema operativo Mac OS X.

4. RESULTADOS.

4.1 APRENDIZAJE PERCEPTIVO.

El ser humano a través de la práctica repetida es capaz de mejorar su rendimiento en una tarea determinada. Esta idea es extrapolable al ámbito de la percepción. En la actualidad existen estudios que demuestran que una mejora en las tareas perceptivas es posible a través de un adecuado entrenamiento de las mismas. (2,3,4,5,6) Además, es frecuente encontrar en literatura de psicología estudios que demuestran el aprendizaje no solo perceptivo sino también desde el dominio motor y la formación cognitiva. (12,13,14) En la siguiente figura (Figura1) podemos ver ordenada cronológicamente más evidencia científica a cerca de esta cuestión.

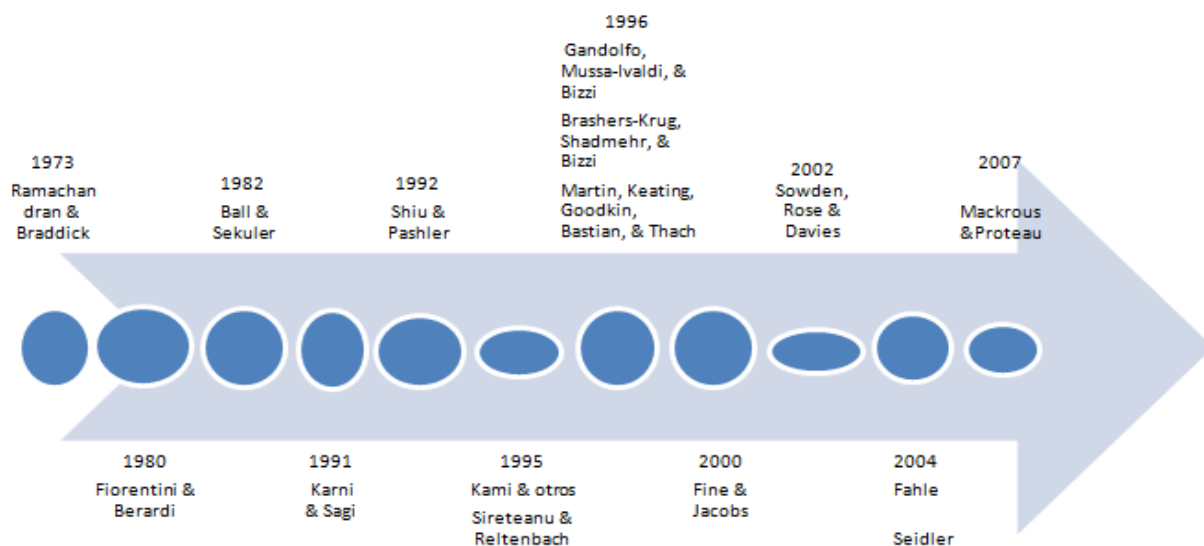


Figura 1. Línea del tiempo. Principales estudios que demuestran como a través del entrenamiento pueden mejorarse capacidades perceptivas y motoras. C S Green, D Bavelier. Exercising Your Brain: A Review of Human Brain Plasticity. Training-Induced Learning. Department of Psychology, University of Minnesota. Department of Brain and Cognitive Sciences, University of Rochester. National Institutes of Health. December 2008. (1)

A través de la percepción entendemos la información que nos rodea, por ello, cualquier déficit en la percepción tiene repercusiones negativas en la vida del individuo. (15)

El **aprendizaje perceptivo** se define como la adquisición de mejores conocimientos acerca de las características de los estímulos. El aprendizaje tiene lugar como resultado de la formación y/o el entrenamiento. Los cambios y mejoras logradas persisten al menos durante varias semanas o meses. Se

progresar en la identificación y diferenciación de los estímulos lo que conduce a la adquisición y mejora de competencias. (1,16,17)

Es importante la evolución en el tiempo porque se pueden diferenciar dos fases de aprendizaje. La temprana se da en los primeros minutos y el participante se familiariza con la tarea y el estímulo. Por otro lado está la etapa tardía que a través de la práctica va mejorando las habilidades paulatinamente requiriendo de horas y días. En esta revisión vamos a centrarnos principalmente en ésta última etapa para entender posteriormente la efectividad de la aplicación de las nuevas tecnologías en el ámbito concreto de la terapia visual. (1)

4.1.1 La especificidad como limitación.

A pesar de la cantidad de estudios que avalan la posibilidad de mejorar la percepción, y por consiguiente la percepción visual, todavía existe controversia en su eficacia clínica. Uno de los motivos se fundamenta en que las disciplinas que se encargan del estudio del aprendizaje perceptivo (Psicología y Neurología) están alejadas de la Optometría y Oftalmología. (2) El otro motivo, de mayor peso, radica en la gran especificidad de los estudios científicos. (1,10,15,16,18,19)

Los mecanismos y modelos de funcionamiento del aprendizaje perceptivo quedan bien descritos experimentalmente. Es decir, la mejora se observa únicamente en la tarea entrenada y esto es un gran obstáculo si nuestro objetivo fuera el entrenamiento o la rehabilitación a nivel global. (16) Esto es así porque el objetivo de la rehabilitación es mucho más general y se buscan mejoras de amplia base, ya que, queremos mejorar el rendimiento para conseguir beneficios en la calidad de vida del individuo. De este modo la generalización de los hallazgos encontrados en los diferentes estudios es muy complicada por la gran especificidad de los mismos. (15,16,18)

En el estudio de Fiorentini y Berardi (1980) se entrenaba a los participantes para diferenciar entre dos rejillas que sólo diferían en la fase espacial de los dos sinusoides componentes. En la primera sesión el rendimiento mejoró rápidamente y se mantuvo estable durante los dos días posteriores. Cuando se duplicó la frecuencia espacial o se giraron las rejillas 90° no se observó evidencia de generalización de aprendizaje. (20) En esta misma línea va el estudio de Kami y Sagi (1991), que demostró que si los estímulos siempre tienen la misma orientación y se entrena la discriminación, ese aprendizaje no se transmite cuando el objeto se mueve a otra ubicación o si la orientación cambia. (21)

Otros estudios como el de Fahle (2004), o Sekuler (1982) demostraron que el aprendizaje en tareas de hiperagudeza también puede ser específico para el

ojo entrenado, la orientación, ubicación en retina, dirección de movimiento e incluso velocidad específica del estímulo. (19,22)

4.2 VIDEOJUEGOS.

El entrenamiento en actividades deportivas, la enseñanza musical o el juego a videojuegos, pueden mejorar ciertas habilidades cognitivas, motoras y/o perceptivas. Kioumourtzoglou et al. (1998) compararon, a través de diferentes test de percepción y cognición, las habilidades de atletas con experiencia y sin experiencia. De esta forma demostraron que los atletas más entrenados presentaban los mejores resultados en habilidades importantes para el rendimiento de sus juegos. (23) Otros investigadores apuntan al entrenamiento musical como fuente de mejora en habilidades cognitivas. (24)

En los últimos años se viene observando que los videojuegos **conducen a un mayor rendimiento en varias tareas**. Es en éste tipo de entrenamiento en el que se va a centrar esta revisión. Por ejemplo, Green y Bavelier (2006) demostraron que la capacidad atencional de los jugadores de videojuegos de acción en tareas de seguimiento de objetos múltiples era mayor que la de los no jugadores. También observaron que su capacidad y rapidez en detectar un objeto entre gran cantidad de distractores era mayor. (25,26) Griffith et al. (1983) demostraron mejoras en la coordinación mano-ojo y los estudios de Sims y Mayer (2002) llevaron a la conclusión de que a través de los videojuegos se puede mejorar habilidades mentales de rotación. Todos ellos son ejemplos que indican la posibilidad de mejorar el rendimiento en diversas tareas a través de los videojuegos. (11,19)

4.2.1 Video Juegos de Acción

No todos los videojuegos conducen de igual forma a esta mejora en habilidades perceptivas. Los más eficaces para el aprendizaje visual son aquellos de ritmos rápidos e imprevisibles que ponen énfasis en el procesamiento periférico. En ellos las tomas de decisiones deben ser igualmente rápidas y la exigencia en el nivel atencional y vigilante es muy elevada. Son los denominados videojuegos de acción. (1,16,19)

Hay un notable número de evidencias científicas que señalan directamente a los videojuegos de acción como los más indicados para conseguir mejoras en diferentes habilidades (figura 2). A continuación, mencionamos algunos de ellos, pero será en el apartado 4.3 donde se analizará con detalle cada una de las habilidades visuo-perceptivas.

| Cross-sectional studies | Reported cognitive measures | Study criticisms | |
|---|------------------------------|------------------|-----|
| GAMER/NON-GAMER DIFFERENCES OBSERVED | | | |
| Andrews and Murphy (2006) | Task switching | a,c,d | |
| Balystok (2006) | Response time | b,c,d | |
| Chisholm et al. (2010) | Search | b,c,d | |
| Clark et al. (2011) | Change detection | c,d | |
| Colzato et al. (2010) | Task switching | a,c,d | |
| Donohue et al. (2010) | Temporal judgment | c,d | |
| Feng et al. (2007) | Mental rotation, UFOV | a,c,d | |
| Granek et al. (2010) | Visuomotor skill | a,c,d | |
| Green and Bavelier (2003) | Various visual/attentional | b,c,d | |
| Green and Bavelier (2006a) | UFOV, Flanker | b,c,d | |
| Green and Bavelier (2006b) | Enumeration, object tracking | b,c,d | |
| Green and Bavelier (2007) | Visual acuity | b,c,d | |
| Green et al. (2010) | Decision making | b,c,d | |
| Karle et al. (2010) | Task switching | a,c,d | |
| Li et al. (2009) | Contrast sensitivity | b,c,d | |
| Li et al. (2010) | Resistance to masking | b,c,d | |
| West et al. (2008) | Search, temporal judgment | b,c,d | |
| NO OR LIMITED GAMER/NON-GAMER DIFFERENCES OBSERVED | | | |
| Boot et al. (2008) | 12 cognitive measures | a,c,d | |
| Castel et al. (2005) | Search, attention cuing | b,c,d | |
| Irons et al. (2011) | Visual attention | b,c,d | |
| Murphy and Spencer (2009) | Various visual/attentional | b,c,d | |
| Training studies | | | |
| Reported cognitive measures | Training control group(s) | Study criticisms | |
| TRAINING BENEFIT OBSERVED | | | |
| Feng et al. (2007) | Mental rotation, UFOV | Balance | d,e |
| Green and Bavelier (2003) | Various visual/attentional | Tetris | d,e |
| Green and Bavelier (2006a) | UFOV, Flanker | Tetris | d,e |
| Green and Bavelier (2006b) | Enumeration, object tracking | Tetris | d,e |
| Green and Bavelier (2007) | Visual acuity | Tetris | d,e |
| Green et al. (2010) | Decision making | The Sims 2 | d,e |
| Li et al. (2009) | Contrast sensitivity | The Sims 2 | d,e |
| Li et al. (2010) | Resistance to masking | The Sims 2 | d,e |
| NO TRAINING BENEFIT OBSERVED | | | |
| Boot et al. (2008) | 12 Cognitive measures | Tetris, no game | d,e |

Figura 2. Tabla resumen de estudios recientes de videojuegos que evalúan a participantes de edad universitaria. a) Reclutamiento abierto. b) método de reclutamiento no especificado. c) Diseño transversal con posible problema en tercera variable. d) No se encuentran pruebas de similitud entre tareas y experiencia de juego. e) Posibles efectos diferenciales de placebo. La clasificación no se basa en los resultados, sino más bien en el diseño y método. W Boot, D Blakely, D Simons. Do action video Games improve perception and cognition?. (27)

Rosser (2007), demostró que los videojuegos de acción son los que conducen de una manera más eficaz a la mejora de las **habilidades visuomotoras**. (28) También hay evidencia que demuestra que los videojuegos de acción conllevan una mejora de las **capacidades perceptuales visuales**. Por ejemplo, tanto los estudios de Castel llevados a cabo en 2005 como los de Greenfield de 1994 encuentran mejoras en la atención visual tras el entrenamiento con videojuegos de acción. (20,30) También se demostró la eficacia de este tipo de videojuegos en el seguimiento visual de objetos múltiples. (31)

Las **capacidades motoras y la función cognitiva** pueden fortalecerse a través de los videojuegos de acción. Por ejemplo Drew y Waters (1986) demostraron avances en destreza manual y mejoras cognitivas generales en personas de edad avanzada a través de entrenamientos con éste tipo de videojuegos. (27,32)

Por último se debe mencionar aquellos estudios que señalan a los videojuegos de acción como los más indicados para conseguir **mejoras de rendimiento visual y neuropsicológico**. La publicación en 1987 del trabajo de Clark, Lanphear y Riddick y los estudios realizados por Dustman, Emmerson, Steinhaus, Shearer y Dustman en 1992 son respectivamente los más destacables. Se trata de estudios llevados a cabo con personas mayores y en los que se demuestra que es posible mejorar el tiempo de reacción como consecuencia del entrenamiento con video juegos de acción. (33,34)

Es el momento de distinguir entre los conceptos de transferencia y generalización. La primera palabra se refiere a la capacidad de que lo aprendido en una situación facilite el aprendizaje o desempeño en otras situaciones concretas del día a día. La transferencia se trata de una consecuencia automática de ejercicio mental. Sin embargo la generalización, se refiere a la capacidad de formar ideas generales y métodos de razonar que permiten aplicar lo aprendido en situaciones diferentes a la entrenada. Son conceptos muy relacionados entre sí. De hecho, las teorías cognoscitivas del aprendizaje afirman la alta conexión y dependencia entre ellas. Por todo ello son muy difíciles de aislar en su estudio. La transferencia de mejoras a tareas distintas de las específicamente entrenadas con el juego es controvertida. Tradicionalmente la literatura dice que raramente el entrenamiento en una tarea mejora el rendimiento en otras. En el campo de los videojuegos se requiere de más investigación, ya que, en la mayoría de los estudios publicados existen deficiencias metodológicas de las que hablaremos en el siguiente apartado. (27,35)

4.2.2 Tipos de diseños.

Encontramos principalmente dos tipos de diseño en los estudios sobre el área de aplicación de nuevas tecnologías en terapia visual:

Cross-Sectional o Transversal: Se trata de un estudio observacional y descriptivo. Se escogen dos grupos, uno que juega y el otro que no. Se evalúan test atencionales en base a la experiencia en horas de juego de cada grupo. Se utilizan cuestionarios como el desarrollado por Bavelier Lab. (27)

La mayor parte de los estudios comparativos entre jugadores expertos y novatos caen en el error de reclutar expertos directamente en anuncios explícitos. De esta manera, se generan expectativas. Este error sería reducido a través de un reclutamiento encubierto. Es decir, conseguir participantes expertos sin mencionar los videojuegos. No obstante, posteriormente podrían vincular la tarea objeto de estudio con su experiencia en los videojuegos y, por tanto, volver al sesgo. Habría que preguntar acerca de su experiencia en el

videojuego al terminar el estudio o en una preselección que no se vincule de forma obvia con la prueba, por ejemplo, a través de una gran encuesta o batería de pruebas. (1,16,27)

Experimental: Hace seguimiento a un mismo grupo a lo largo de un periodo de tiempo. Los participantes se asignan aleatoriamente. (27) Además, para que el estudio esté diseñado apropiadamente, debe existir un grupo control para cerciorarse de la significancia de los cambios. (1,16,27)

Es decir se buscan “no jugadores” que serán formados aportándoles experiencia en el juego. Se tomarán dos medidas, una previa al entrenamiento (pre-test) y otra posterior (post-test). Estas medidas se compararán y de ahí se extraerán las conclusiones. (19,27)

4.2.3 Consideraciones metodológicas.

Motivación.

A todo ello, debemos añadir que el estado de ánimo y nivel de motivación pueden llevar a mejoras temporales en el rendimiento que podrían confundirse con efectos de aprendizaje. Estos factores no se reconocen ni siquiera con la existencia de grupo control. (16) Tal como demuestra Vygotsky (1978) con su “Zona de desarrollo proximal”, la motivación depende de la creencia interna de cada individuo acerca de la capacidad que tiene para cumplir con el reto que se le propone. Tareas demasiado fáciles o demasiado difíciles conducen a poca motivación y, por lo tanto, se reduce la posibilidad de aprendizaje. (36) Los videojuegos, a diferencia de tareas psicofísicas estándares, tienen un carácter fisiológicamente excitante y psicológicamente motivador. Esto puede ser debido al diseño, azar o evolución gradual. (37,38,39,40)

Debe haber un aumento en la dificultad de la tarea a medida que el jugador avanza a través de los niveles. Es decir, para que el aprendizaje sea lo más eficaz posible y se consigan mejoras perceptuales generales se debe hacer un entrenamiento progresivo. Es necesario partir de niveles básicos e ir aumentando la dificultad de la tarea progresivamente, adaptándonos individualmente a cada persona. (41)

La retroalimentación o recompensa en el aprendizaje también es un punto a tener en cuenta, aunque a día de hoy todavía genera mucho debate. Hay estudios que demuestran que es necesario (42,43) y otros que no. (44,45)

Importancia del Efecto Placebo.

El efecto placebo se define como aquella modificación que se da en el organismo como resultado del estímulo psicológico inducido por la administración de una sustancia inerte, de un fármaco o de un tratamiento. (46)

La expectativa de los participantes y el condicionamiento son elementos clave cuando hablamos de efecto placebo. Para determinar si los resultados obtenidos en un estudio son debidos al tratamiento o a un posible efecto placebo suelen emplearse grupos control. (47)

Para extraer conclusiones claras, será necesario que el grupo control y el grupo entrenado sean equivalentes en términos de género, edad... Y no solo eso, sino que también se debe garantizar que las expectativas generadas en los participantes sean las mismas independientemente del grupo al que pertenezcan. Para conseguirlo, se suele recurrir a grupos control activos, en los que se proporciona a los participantes un tratamiento inocuo alternativo en paralelo a la intervención del grupo experimental. (47)

La mayoría de estudios de formación sobre esta materia no tienen grupos control activos. De esta manera, cualquier mejora del grupo de acción podría atribuirse a un efecto placebo. No obstante, es complicado escoger una tarea adecuada para el grupo control, ya que, si cada grupo es entrenado pueden existir efectos diferenciales en su tarea entrenada. Es complicado encontrar un videojuego que genere expectativas de mejora equivalentes a las que genera el videojuego de acción. Por tanto, no es tan fácil afirmar que tener grupos control activos sea mejor que tener grupos control que no reciban ningún tipo de formación. (27)

4.3 MEJORA DE LAS HABILIDADES VISUO PERCEPTIVAS A TRAVÉS DE LOS VIDEOJUEGOS DE ACCIÓN.

A continuación, se van a analizar las diferentes habilidades visuo-perceptivas que se pueden mejorar a través del entrenamiento con videojuegos de acción.

4.3.1 Agudeza Visual y Sensibilidad al contraste.

Las habilidades visuales más básicas como el Contraste y la Agudeza visual también pueden mejorarse después del uso de videojuegos. Sin embargo, existen controversias en cuanto a los mecanismos que llevan a estos efectos. (7)

Identificar una letra en un folio en blanco es más fácil que si la misma letra está rodeada por otras muchas. Este fenómeno se conoce como hacinamiento y limita nuestra capacidad visual. En pacientes ambliopes es especialmente relevante dicha limitación. (48) Los estudios de Green y Bavelier (2007) demostraron que el hacinamiento puede reducirse a través del entrenamiento con videojuegos de acción. Para conseguir esta mejora, será conveniente que los distractores, presentes en el videojuego, estén lo más cerca posible del elemento objetivo. Los resultados muestran mejoras significativas en la resolución espacial central, periférica e incluso en posiciones más alejadas de las entrenadas con el videojuego (Figura 3). Este resultado, sugiere que existe generalización. No obstante, se requieren muchas más horas de entrenamiento para mejorar la AV y reducir el hacinamiento que en el caso de las propiedades atencionales. (49)

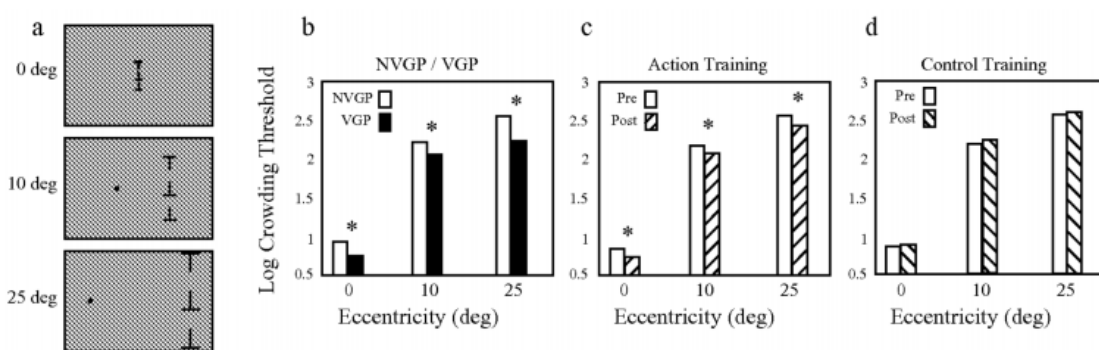


Figura 3. A) Estímulos distractores consisten en formas T, orientadas al azar. Los participantes debían identificar la orientación de la T central. Se probaron excentricidades de 0, 10 y 25°. Además los estímulos distractores se fueron acercando al estímulo objetivo. B) Video Game Players (VGP) demuestran una reducción significativa umbral de hacinamiento en comparación con los NVGP. C) D) Rendimiento antes y después del entrenamiento con videojuegos de acción. Los participantes entrenados muestran reducción de hacinamiento. (* = $P < 0.065$). Green y Bavelier (2007). (49)

La función de sensibilidad al contraste (CSF) es uno de los factores limitantes en varias tareas visuales y, lamentablemente, se compromete con mucha facilidad. No obstante, y tal y como podemos ver en la figura 4, se ha demostrado que jugar a videojuegos de acción potencia la CSF. (50)

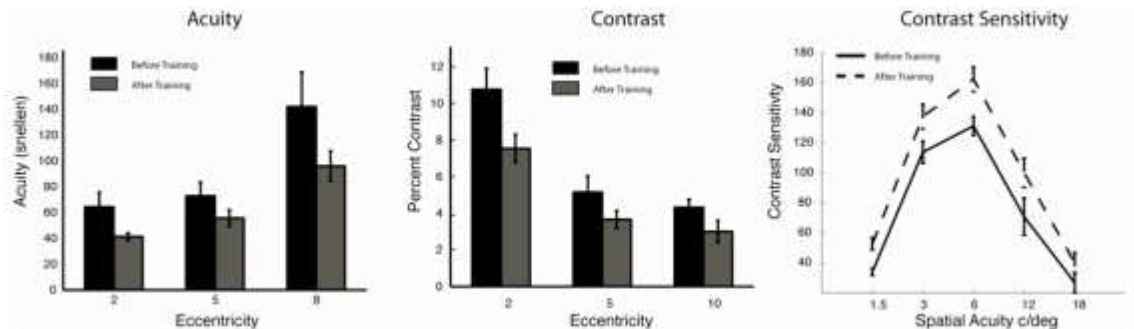


Figura 4. Gráficos. A la izquierda, para Agudeza Visual (AV), los umbrales de tamaño de Landot C medidas en diferentes ubicaciones del campo visual. En la figura central los umbrales de Sensibilidad al Contraste (SC) que se midieron variando el contraste de una O presentándose en diferentes ubicaciones del campo visual. Los datos de las pruebas pre-entrenamiento (negro) se muestran contra los datos de las pruebas post-entrenamiento (gris). En los dos gráficos de la izquierda, los valores más bajos representan un mejor rendimiento. Los valores de agudeza se basan en puntuaciones estándar de 20/20 en fóvea, siendo mucho más pobres los valores de las puntuaciones periféricas). En el gráfico intermedio se representa el Contraste de Weber. Por último la figura derecho se obtiene gracias a un analizador visual, Optec (StereoOpticalCompany, Chicago, IL, EUA) que midió la AV foveal y la SC. En esta gráfica los valores más altos son mejores. Los beneficios inducidos por el entrenamiento son todos significativos, al menos en los niveles de $p < 0.05$. Deveau et al. (2014). (51)

4.3.2 Atención visual.

- **Dinámica de la atención visual:** Las características temporales de la visión pueden medirse con el parpadeo atencional. Este paradigma se refiere a la rapidez con la que se recuperan los recursos atencionales tras haber sido dirigidos a un objetivo. En los estudios de Raymond et al. (1992), se demostró que la recuperación del parpadeo atencional es mucho más rápida en los participantes entrenados con videojuegos de acción. (52)
- **Número de Objetos de atención:** Se trata de otra propiedad de la atención. Es la capacidad de atender de manera simultánea sólo a un número determinado de eventos visuales. Según el estudio de Pylyshyn y Storm (1988), los jugadores de video juegos de acción rastrearon correctamente un promedio de 2 estímulos más que los jugadores de videojuegos de no acción. (53) En la figura 5, podemos ver algunos de los resultados obtenidos en el estudio de Green y Bavelier (2006b).

Destaca la mejora significativa de la capacidad atencional tras entrenamientos con videojuegos de acción. (25)

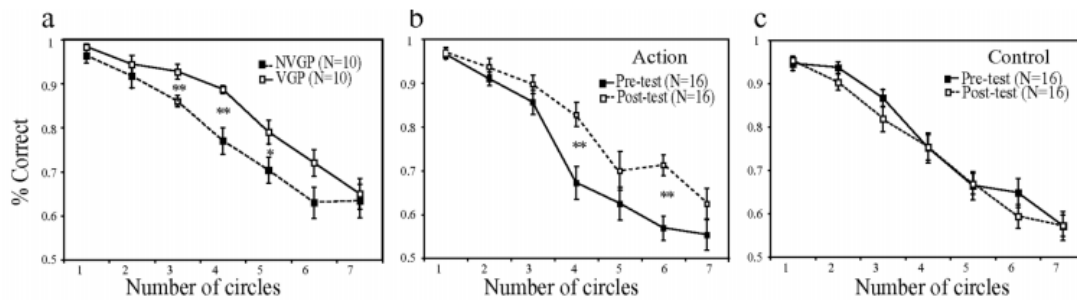


Figura 5. Medida de la capacidad atencional mediante el seguimiento de objetos múltiples. a) Los jugadores de videojuegos (VGP) demuestran una capacidad significativamente mayor a la hora de completar los seguimientos múltiples respecto a los no jugadores (NVGP). Es cuando estamos ante 3 o 5 objetos cuando mayor es la diferencia. B) Rendimiento antes y después del entrenamiento con videojuegos de acción. Se observa una notable mejoría. C) Rendimiento previo (Pre-test) y posterior (Post-test) al entrenamiento con videojuegos sin acción. El rendimiento fue idéntico antes y después. SEMs, = $P < 0.001$. Green & Bavelier (2006b). (25)

- **Atención visuo espacial:** La forma de conocer la capacidad de prestar atención al campo visual puede llevarse a cabo mediante una tarea de búsqueda visual. Es en el estudio de Green y Bavelier (2003) en el que se vio cómo los participantes que se habían entrenado con videojuegos de acción eran capaces de identificar con mayor facilidad los objetivos. Además, esa diferencia se extendía para excentricidades mayores a las subtendidas normalmente durante el juego. Esto indica mejoras con respecto a los usuarios de videojuegos de no acción y, al mismo tiempo, generalización del aprendizaje. (16,19)
- **Atención exógena:** Los videojuegos de acción están repletos de estímulos exógenos (Por ejemplo: enemigos que aparecen espontáneamente, estado de alerta y cambios abruptos en la imagen). Según la evidencia vista hasta ahora parecería obvio pensar que el entrenamiento con videojuegos mejora también esta propiedad atencional. Sin embargo, la atención exógena no mejora con el uso de videojuegos de acción. (54) Fan et al. (2002) añaden que aunque hay una diferencia en los tiempos de reacción, el modo en que la señal exógena activa la atención es comparable en jugadores y no jugadores a videojuegos de acción. Estamos ante una propiedad muy presente en el entrenamiento con videojuegos pero que, sin embargo, no mejora con la práctica. (55)

4.3.3 Coordinación Motora.

Una de las ideas más destacables a la hora de la aplicación clínica es la importancia de implicar al sistema motor para inducir cambios visuales. La

relación entre habilidades motoras y plasticidad cerebral está más que probada (16,19). Por ejemplo en los estudios de Pascual-Leone et al. (1993), se descubrió que las personas ciegas que utilizan la lectura braille tienen mayor representación cortical motora de la musculatura de los dedos. Otro ejemplo es el de los guitarristas que tal y como demostraron estos mismos autores, tienen mayor representación cortical motora de la musculatura de la mano izquierda. (56) Tres años después, los estudios realizados por Elbert y sus colaboradores a instrumentistas de cuerda validaron esas mismas conclusiones. (57)

Parece posible mediante un entrenamiento visuo-motor intensivo aprovecharnos de las capacidades plásticas del cerebro para inducir mejoras visuales. Por ello, las nuevas propuestas de videojuegos o sistemas orientados a la terapia visual y mejora de habilidades siempre llevan asociado una dualidad visuo-motora. (19)

4.3.4 Rendimiento lector.

El lenguaje escrito tiene una importancia fundamental en nuestra sociedad y además el aprendizaje de la lectura es muy complejo. Según Cueto (1990), la lectura es considerado un proceso dinámico en el que intervienen conductas psicológicas, neurológicas, neuromotoras, perceptivas, cognitivas, socio-afectivas, ambientales y culturales. (58) Atendiendo a la gran complejidad e importancia de la lectura, Cassany (1999), la consideró una habilidad lingüística más junto a la escucha, habla y escritura. (59)

Muchos niños presentan dificultades para aprender a leer. Estos retrasos en el aprendizaje pueden venir asociadas a una mala funcionalidad de la memoria, escasez de vocabulario, déficit en las estrategias de comprensión lectora, déficit en la decodificación fluida o incluso a factores afectivos y motivacionales. Sin embargo otras veces no se conoce la causa. (60) Hay evidencia científica que demuestra que la funcionalidad visual influye en la percepción, reconocimiento, decodificación y comprensión de textos. (59,60,61) La figura 6, muestra a modo de ejemplo, los diferentes movimientos sacádicos que tienen lugar en la lectura de una frase. Según los estudios de Álvarez y González (1996), la comprensión lectora tiene una relación directa con los movimientos sacádicos. Se ha demostrado que las nuevas tecnologías, y en concreto programas de entrenamiento de movimientos sacádicos, aportan una tendencia positiva en la comprensión lectora. (62) Además, estudios como el de Rodríguez, Bernabéu, García y Leal (2010) llevan a la conclusión de que la evaluación y entrenamiento de movimientos sacádicos es más efectiva y motivadora con nuevas tecnologías que con las herramientas tradicionales. (63)

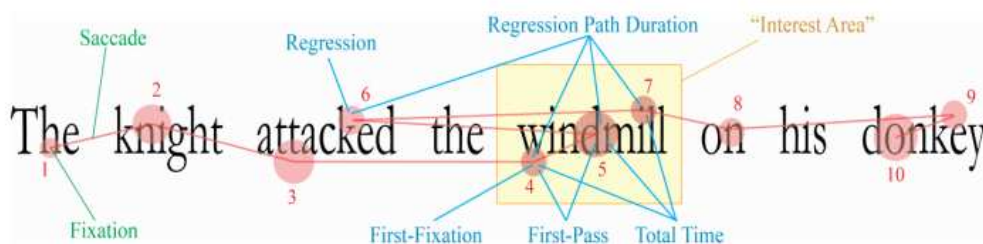


Figura 6. Ejemplo del análisis de movimientos sacádicos realizado por el "eyetracker". Cusimano, 2012. (61)

Durante la lectura, las personas con dislexia realizan más fijaciones y de mayor tiempo comparándolas con personas no disléxicas. Sin embargo, Prado et al. (2007) demostraron que en tareas de búsqueda visual, el número de fijaciones era muy similar entre las personas con y sin dislexia. (64)

Otro estudio realizado en 2014 utilizó las aplicaciones iPad: EyeExerciser3, VisionTap y los juegos Ayumu y CountBattle. El programa de intervención fue dirigido a alumnos de secundaria. Los resultados tras cinco semanas demostraron mejoras en la comprensión lectora. No obstante, se necesitan estudios con muestras mayores, más investigación acerca de los movimientos sacádicos y programas o aplicaciones más específicos en el entrenamiento de estos movimientos. (59)

Según los hallazgos de los estudios encontrados, se podría afirmar que los videojuegos de acción mejoran en gran medida y de forma eficaz varios aspectos visuales. Desde la percepción de las características elementales como el contraste, movimiento y orientación hasta el procesamiento global de escenas y reconocimiento de imágenes. (18)

4.4 TERAPIA VISUAL Y NUEVAS TECNOLOGÍAS.

La terapia visual se encarga de tratar problemas de visión binocular y otras problemáticas en el desarrollo de la visión. La Asociación Americana de Optometría reconoce la importancia de la misma añadiendo que a través de la TV es posible desarrollar, mejorar y rehabilitar tanto las habilidades visuales como el procesamiento de la información visual. (65)

Como requisito previo a la prescripción de la Terapia Visual, es necesario un diagnóstico diferencial. Serán necesarios dos exámenes, uno que analice la salud ocular y otro optométrico que incluya todas las pruebas estandarizadas, además de los signos, síntomas, necesidades y objetivos del paciente. Por supuesto, la aplicación de lentes, prismas y filtros también debe tenerse en

cuenta en el plan de tratamiento. El desarrollo de nuevas tecnologías nos ofrece la posibilidad de introducir nuevas herramientas al ámbito de la terapia visual. (7)

A continuación se enumeran los principales programas, instrumentos y prototipos que a día de hoy se están empleando en la mejora de capacidades visuales. Como veremos el desarrollo de nuevas tecnologías ha sido especialmente importante en el campo del deporte.

4.4.1 Plataformas digitales (Smartphone, tableta gráfica...).

Ultimeyes.

Aplicación de video desarrollada por Aaron Seitz que trabaja con estímulos cerca del umbral. Es un programa optimizado de entrenamiento digital que junto con la retroalimentación multisensorial es capaz de conseguir mejoras en la función visual. El software está relacionado con la estimulación cerebral, concretamente el área del cortex visual, y fundamenta sus resultados en la neuroplasticidad. El entrenamiento de esta parte del cerebro se lleva a cabo mediante estímulos Gabor. Ultimeyes muestra estos estímulos sobre un fondo gris y va añadiendo dificultad conforme se van superando niveles. (66)

El estudio de Deveau (2014), demuestra que tras la utilización de Ultimeyes se consiguen mejoras en AV y SC. (51) Los resultados obtenidos en el estudio de Deveau y Ozer en 2014 van en la misma dirección, con la diferencia de que los participantes eran “atletas”. (67) Además, otro estudio más específico de Deveau mostró mejoras tanto en el bateo como en el rendimiento de jugadores de béisbol tras ser entrenados con esta aplicación. (68)

Por tanto existe evidencia de la utilidad de esta aplicación en la mejora de Agudeza visual, Sensibilidad al contraste y rendimiento deportivo. (51,67,68)

GlassesOff y Aplicación CP3.

Son aplicaciones que tienen el objetivo de mejorar la función visual. El entrenamiento se realiza con estímulos Gabor y se basa en el fenómeno de facilitación colineal. El umbral de detección de un Gabor (definido por Luminancia), se mejora mediante la colocación de dos Gabors de alto contraste a cada lado. Es decir, es posible impulsar la respuesta de un estímulo por debajo del umbral, mediante la organización del resto de estímulos. La base neurológica de éste fenómeno, todavía no se conoce muy bien. (66,69)

Tal y como demuestra el estudio de Sterkin (2012), con la práctica de la detección y discriminación de estos estímulos estaremos mejorando la AV, la SC y las velocidades de procesamiento. (70)

InnoVisionLabs Inc. desarrolló la aplicación móvil **GlassesOff** dirigida a perfiles clínicos y no clínicos con el objetivo de mejorar la función visual. Está disponible para dispositivos Android e iOS, y va dirigida a personas que sientan deficiencia visual al leer. Según la página oficial, son necesarias tres sesiones semanales durante dos o tres meses consecutivos. Cada sesión tiene una duración de aproximadamente 10 minutos y no se aconseja el uso de ayudas ópticas de cerca durante el entrenamiento. (71)

En 2016, InnoVisión con colaboración de la NBA (Asociación Nacional de Baloncesto) desarrolla una versión específica para deportes conocida como **Aplicación CP3**. Esta aplicación muestra destellos cercanos al umbral que varían en tamaño, velocidad y contraste. (66)

Hay evidencia de que estos instrumentos permiten mejorar la AV, SC, velocidad de procesamiento e incluso el rendimiento en tareas visuales de personas de edad avanzada (Este último estudio lo analizaremos en el apartado 4.5.3). (70,72)

Juegos de Entrenamiento Cerebral.

Pretenden un entrenamiento perceptivo-cognitivo. La mayoría van dirigidas a personas adultas que quieren mejorar su memoria, aunque también hay un gran mercado en niños con problemas atencionales. En gran parte de ellos, el programa de entrenamiento se basa en jugar durante varios minutos al día a diferentes juegos. Cada uno de estos se centra en áreas diferentes de la función mental y visual. Hay muchas aplicaciones de este tipo entre las que destacan **BrainTraining**, dirigido a la mejora de tiempo de reacción, campo de visión útil, seguimiento de objetos múltiples y velocidad de procesamiento visual. **HeadTrainer** es otra aplicación destacada pero la diferencia es que es más específica y va dirigida a la población que busca mejoras en el ámbito del deporte. Sin embargo, todavía no existe ninguna investigación científica que confirme la eficacia de este tipo de juegos. (66)

4.4.2 Eyetracker.

CognisenseNeuroTracker.

Permite un entrenamiento perceptivo-cognitivo. Uno de los programas de entrenamiento que mejores resultados está teniendo es el **NeuroTracker 3D-MOT**. Se basa en intervenciones inversivas tridimensionales con doble tarea que aumentan la carga cognitiva. (66) Varios estudios como el realizado por

Magnine con profesionales del baloncesto evidencia que a través del entrenamiento con NeuroTracker se consigue una transferencia selectiva a las capacidades del rendimiento dinámico, es decir una mejora en el rendimiento deportivo. (73)

El NeuroTracker se basa en mostrar al participante un espacio virtual en tres dimensiones. A continuación, se le exponen un conjunto de bolas y se le indica cuales de ellas debe rastrear. A partir de ese momento las bolas comienzan a moverse simultáneamente. Al terminar la prueba, se para la imagen y se instruye al participante para que indique qué bolas son las que ha rastreado. La velocidad se va ajustando al nivel del participante. La dificultad también puede añadirse haciendo que el participante en vez de sentado, se levante o se mueva al mismo tiempo que debe ejecutar la prueba descrita. (66)

Además de la aplicación deportiva en deportes dinámicos (Implican movimiento y seguimiento de compañeros y adversarios) hay otros estudios que se han realizado con el fin de validar la eficacia del NeuroTracker en diferentes grupos de población. Por ejemplo, los estudios de Pearson, Bates y Faubert realizados a personas con dificultades de aprendizaje y atención, mostraron resultados satisfactorios tras el entrenamiento con Eyetracker. Otro estudio demuestra su eficacia en personas mejorar la función visual de personas de edad avanzada. Éste último lo veremos en el apartado 4.5.3 (74,75)

NEUROtrainer se trata de un nuevo programa de seguimiento de objetos múltiples que se centra en habilidades como la atención y la visión periférica. El programa se desarrolló utilizando como base la prometedora investigación realizada por Nyquist (2016) con jóvenes con baja visión para mejorar la visión periférica lejana. (66,76)

4.4.3 Plataformas de luces.

Wayne Saccadic Fixator, Dynavision 2000, Dynavision D2, Vision Coach, SVT, Batak, Sanet Vision Integrator, FITlight Trainer

Son algunos ejemplos de instrumentos comerciales destinados al **entrenamiento visual y motor**. Trabajan la reacción ojo mano (algunos también permiten entrenar ojo-pie) y velocidad de reacción. Todos ellos, son pantallas bidimensionales que presentan estímulos que se van encendiendo aleatoriamente y el objetivo radica en que el paciente pulse las luces en el menor tiempo posible. Conforme mejora el rendimiento aumenta la velocidad del programa para mantener al participante trabajando en el umbral de su capacidad. Durante la última década ha aumentando el uso de estos tableros de luz, sobretodo en el área médica, atlética y táctica. (66)

El primer instrumento en comercializarse fue el Wayne Saccadic Fixator, del que apenas hay estudios científicos. Posteriormente aparecieron Dynavision 2000 y Dynavision D2. De estos últimos, si hay evidencia sobre su utilidad para el rendimiento motor, aunque todavía hay escasa evidencia de su eficacia como herramienta de rehabilitación visual. Por ejemplo, el estudio de Vesia, Esposito, Prime y Klavora en 2008, demuestra la relación entre el entrenamiento con *Dynavision* y la mejora en tareas psicomotoras convencionales. (77) También estudios como el de Wells (2014) demuestra la fiabilidad de *Dynavision2000* y *Dynavision D2* en mejoras específicas. (78) Sin embargo, todavía no hay evidencia que demuestre que haya transferencia o generalización al desempeño en el campo. (77,78)

Sanet Visión Integrator, se trata de un programa integrado en una pantalla táctil interactiva de 50 pulgadas. Perteneció a la compañía HTS visión y fue creado por el Dr. Sanet. Incorpora diferentes categorías de entrenamiento incluyendo a los movimientos sacádicos, taquitoscópico, rotador virtual, metrónomo programable y un módulo adicional de balance para evaluar el sistema vestibular. (79) Bass et al. (2016), trataron de demostrar la confiabilidad del aparato. Llegaron a la conclusión de que las pruebas proactivas, reactivas y de velocidad de manos, miden de manera confiable la coordinación ojo-mano. A pesar de ser un tablero muy completo, existe poca evidencia sobre su efectividad como herramienta de capacitación. (80)

En general, las plataformas de luces, tienen un claro objetivo motor que está abalado por diferentes estudios, pero su repercusión en la rehabilitación visual no está tan clara. Es SVI la que parece tener un mayor aval en el rendimiento visuo-motor. (77,78,80)

4.4.4 Programas informáticos.

Visionary.

Programa informático diseñado a través de un programa de investigación de la Universidad de Oviedo, junto con la colaboración de Pixel-Hub, Art Line Solutions y Visualia. A través del juego se consigue la estimulación y desarrollo de las áreas corticales relacionadas con la visión. Indicado para el tratamiento de ambliopía y problemas asociados a la visión binocular y oculomotricidad. Esta aplicación, ofrece al usuario tres formas de acceder a su contenido: VisionaryTool, VisionaryEye, VisionaryVr. Las dos primeras pueden llevarse a cabo desde casa o en clínica. La última emplea realidad virtual y está limitada al entrenamiento en clínica. (81)

Existe evidencia científica sobre la validez de este programa en el tratamiento de ambliopía e incluso para la mejora de estereoaquidez con pacientes con

antecedentes de ambliopía. De todo ellos, se hablará con más detalle en el apartado 4.5.2. (82,83)

Software HTS.

Programa desarrollado por Cooper y Bortel (1971). Indicado para síntomas astenópicos provocados por problemas binoculares no estrábicos y acomodativos. También permite tratar la ambliopía, problemas de percepción visual y mejorar la velocidad de procesamiento. Se diferencian:

- HTS i Net. Indicado en problemas binoculares no estrábicos. Permite entrenamiento de seguimientos, movimientos sacádicos, vergencia, ducciones y acomodación. Utiliza gafa Rojo-Azul.
- AMB i Net. Indicado para tratamiento de ambliopía.
- PTS Ili Net. Indicado en pacientes con problemas de percepción visual y velocidad de procesamiento. También útil en dislexia, discapacidad de lectura, dificultad de comprensión lectora, mejora de ortografía, problemas de lateralidad, lesión cerebral, trastornos de atención, trastornos de memoria. (84)

Se ha encontrado evidencia científica sobre la eficacia del tratamiento de ambliopía e insuficiencia de convergencia con software HTS. En el apartado 4.5 profundizaremos en cada uno de estos estudios. (85,86)

Orthoptics. Computerized Vergence System (CVS)

Programa computerizado destinado al tratamiento de insuficiencia de convergencia. Emplea ejercicios de vergencias mediante estereogramas de puntos aleatorios. Para resolver correctamente cada ejercicio, se requiere una fijación bifoveal. La aplicación es fácil de usar, para contestar a los ejercicios basta con seleccionar una de las cuatro teclas de flechas (arriba, abajo, derecha, izquierda). Los resultados se van documentando y, conforme se alcanzan los objetivos, el programa va aumentando su dificultad. (87)

Hay evidencia científica sobre la viabilidad de este software para reducir los síntomas astenópicos relacionados con la insuficiencia de Convergencia. Hablaremos en el apartado 4.5.4 de estos estudios y se ampliará el contenido. (88,89)

VizualEdge

Barri L. Sheiller, oftalmólogo del Instituto de Entrenamiento Visual de Vernon Hills (EEUU), creó en 1989 un software para mejorar las habilidades visuales de los atletas. Vizual Edge Performance Trainer (VEPT). Este programa informático, se basa en tecnología 3D y va dirigido a mejorar las seis habilidades visuales básicas: Convergencia, Divergencia, Percepción de profundidad, Alineación, Reconocimiento y Rastreo. (90)

Los ejercicios se centran en trabajar la estereopsis, la flexibilidad acomodativa, las vergencias, la memoria visual y optimizar la alineación de los ejes visuales. Los beneficios de VEPT están estudiados como el de Spaniol (2011), llevado a cabo con jugadores de béisbol y softball y que muestran resultados significativos. (90,91)

A continuación enumero y describo brevemente las principales características de otros programas informáticos empleados en la actualidad, pero que carecen de evidencia científica:

Brainvt.

Plataforma multidisciplinar que permite trabajar habilidades en niños y adultos a través de más de 70 procedimientos terapéuticos en forma de juegos. Permite el entrenamiento desde casa y con dispositivos como tablet, ordenadores o pantallas táctiles. Tiene una inteligencia artificial que permite adaptar la dificultad de los ejercicios a la evolución del paciente. (92)

Software COI.

Programa dirigido al diagnóstico y tratamiento de problemas visuales no patológicos que afectan a la función visual. Se subdivide en diferentes áreas:

- COI Peri: Especializado en campimetría y perimetría funcional al color.
- COITest: Especializado en pruebas de Agudeza Visual y Visión Binocular.
- COI SV: Programa de valoración y entrenamiento en Visión Deportiva.
- COI CSF: Especializado en la Función de Sensibilidad al Contraste.
- COI Vision: Programa de Diagnóstico y Terapia Visual. (93)

4.4.4 Dispositivos especializados.

Las baterías sensoriomotoras permiten medir y entrenar un amplio conjunto de habilidades visuales, cognitivas, y motoras relacionadas entre sí con el fin último de mejorar los resultados deportivos.

Eyethink sport training.

Se trata de un programa que fue diseñado con el objetivo de mejorar las habilidades visuales de los atletas así como la toma de decisiones. La validez de este programa se ha probado en varios estudios pero destaca el que se realizó con jugadores de cricket y que demuestra una mejora sustancial en las habilidades sensoriales y motoras.

Tras un periodo de tres semanas de entrenamiento con el programa, se encontraron mejoras significativas en la percepción de profundidad, seguimiento, rastreo, coordinación ojo mano y tiempo de reacción. Todo ello

condujo a que también mejorasen las puntuaciones de habilidades específicas para el cricket, como son la captura, precisión y direccionalidad de lanzamiento. Este estudio confirmó la utilidad en la mejora de habilidades visuales específicas y concretamente su viabilidad como herramienta alternativa en el entrenamiento deportivo de Cricket. (94)

Estación Nike SPARQ sensorial.

Dispositivo computerizado creado con el fin de medir nueve habilidades visuoperceptivas y visuomotoras. Estas estaciones están desplegadas en instalaciones de entrenamiento atlético y militar. Miden a través de una batería de pruebas las siguientes habilidades visuales: AV, SC y la percepción de profundidad. Además evalúan otras habilidades basadas en la coordinación de habilidades oculares y motoras entre las que se encuentran: Coordinación ojo-mano, Tiempos de respuesta, Agudeza visual dinámica, Amplitud de percepción, flexibilidad acomodativa y la prueba Go/No Go (pruebas de aprobado/fallo que requieren a los participantes realizar una acción dado un cierto estímulo, es decir, involucran la atención selectiva). En la siguiente figura (Figura 7) se muestran las nueve tareas incluidas en la batería de la estación Nike SPARQ. (95)

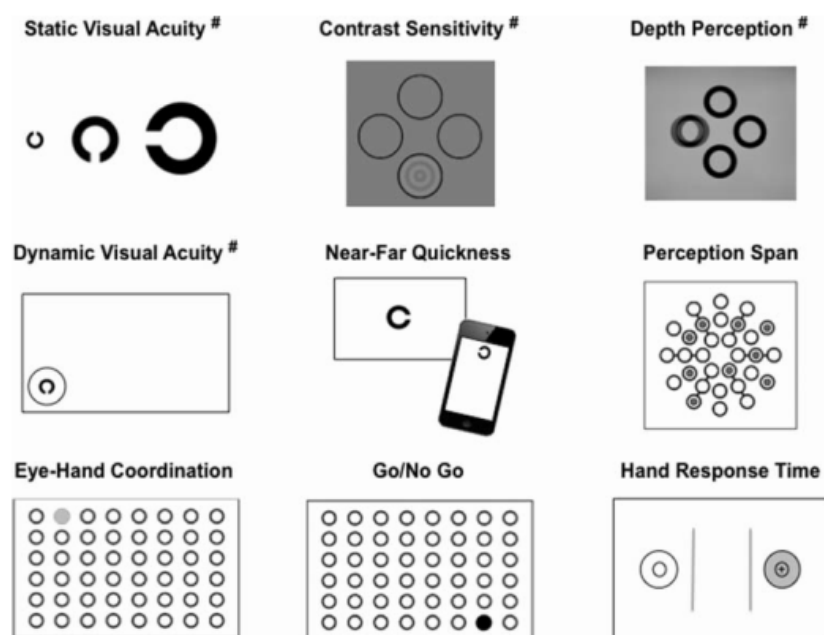


Figura 7. Ejemplos de las nueve tareas perceptivas y visuomotoras incluidos en la batería de la estación sensorial Nike SPARQ. Kristina Krasich, Ben Ramger, Laura Holton, Lingling Wang, Stephen R. Mitroff & L. Gregory Appelbaum (2016) Sensorimotor Learning in a Computerized Athletic Training Battery, *Journal of Motor Behavior*, 48:5, 401-412. June 2016. (95)

El estudio de Kristina Krasich y colaboradores (2016) buscó evaluar como el rendimiento de las diferentes capacidades cambia como resultado de la práctica repetida durante un corto periodo de tiempo. Después de los cuatro días que duró el experimento se encontraron mejoras significativas en cinco de

las nueve habilidades analizadas y que aparecen especificadas en gráficas en la figura 5. Además de toda la información que aportan estas medidas, en el estudio se tiene en cuenta el estado del sueño de los participantes. (95)

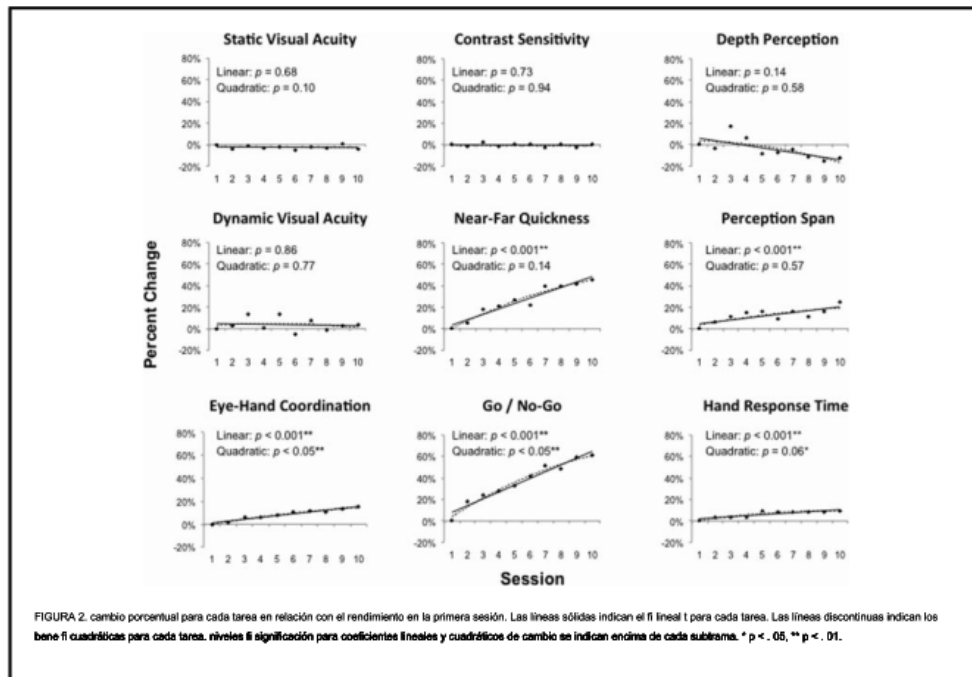


Figura 5. Cambio porcentual para cada tarea en relación con el rendimiento en la primera sesión. Las líneas continuas indican el ajuste lineal para cada tarea. Las líneas discontinuas indican ajustes cuadráticos para cada tarea. Los niveles de significación para los coeficientes de cambio lineales y cuadráticos se indican sobre cada subgráfico * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. (95)

Hay controversia acerca del tema del sueño, ya que, hay literatura que afirma que existe relación con el rendimiento en las tareas sensoriomotoras. Estudios como el realizado por Kamiet al (1994) ó el llevado a cabo por Walker et al (2002), muestran mejoras del rendimiento motor y una relación directa entre el sueño y el aprendizaje perceptual. (96,97) No obstante, también hay estudios que no encuentran esa relación, como por ejemplo, los realizados en 2009 por Aberg, Tartaglia y Herzog que dejaban en un segundo plano al papel que tenía el sueño en el aprendizaje. (98)

Centrándonos en el tema de la eficiencia de la estación Nike, después de los días que duró el entrenamiento no se encontraron correlaciones significativas entre duración/eficiencia de sueño y ejecución de las tareas realizadas. (95)

Otros dispositivos especializados.

Según Dahlin, Neely, Larsson, Backman y Nyberg, el aprendizaje es mayor si las tareas de formación y transferencia engloban procesos cognitivos muy superpuestos. Es decir, que la recreación del contexto, el estrés y la alta presión en **situaciones en vivo favorecen el entrenamiento** de habilidades y por consiguiente el aprendizaje. (99) A continuación se van a exponer dos

dispositivos que cumplen con estas características y que se destinan casi al entrenamiento deportivo.

Entrenamiento Visual Estroboscópico: Como muestra la Figura 8, existen diferentes tipos de instrumentos de formación estroboscópica, pero el dispositivo más utilizado es la Nike Vapor Strobe. Son unas gafas cuyas lentes de cristal líquido alternan entre estados transparentes y opacos. Este dispositivo se alimenta de batería y está bajo el control del usuario. Es posible variar la frecuencia de parpadeo y la duración en estado opaco. La idea es interrumpir intermitentemente la visión mientras se lleva a cabo el entrenamiento. Estas limitaciones en la información visual recibida parecen comportar una mejora en las habilidades visuales así como un aumento de la sensibilización. Además, se debe tener en cuenta que para frecuencias mayores a 10-12Hz existe un mayor riesgo de epilepsia. Por lo que, en estos casos, deberá estar por debajo de los 4Hz. Hay otros dispositivos similares en el mercado. (66)



Figura 8. Cuatro tipos de instrumentos de formación estroboscópica: a) Luz estroboscópica; b) SenaptecStrobe Gafas; c) Gafas estroboscópicasVisionUp; d) Gafas MJ Impulse. L. Gregory Appelbaum & Graham Erickson (2016): Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques, International Review of Sport and Exercise Psychology. December. (66)

Hay evidencia de que el entrenamiento estroboscópico mejora las habilidades sensoriales y motoras, traduciéndose en una mejora de rendimiento. Según Appelbaum (2011), la sensibilidad de movimiento en el campo central y la atención alternante mejora después de haber llevado a cabo un entrenamiento con gafas estroboscópicas (100). Un año después Appelbaum (2012) demostró la relación entre el empleo de ésta técnica de entrenamiento y la mejora del rendimiento deportivo (101). Curiosamente, este tipo de entrenamiento también parece ser útil para la recuperación de lesiones en extremidades inferiores (Ligamento Cruzado Anterior). (102)

Eye Tracking and QuietEye (QE) Training: No deja de ser un Eye Tracking de los que ya hemos hablado anteriormente, pero usado durante el entrenamiento convencional para conseguir mejores resultados y un mejor rendimiento en el deporte. Suele tratarse de dos cámaras montadas en gafa. Una de ellas analiza la posición del ojo y la otra monitoriza la escena. Los datos recogidos se sincronizan utilizando programas informáticos. El entrenamiento con QE funciona mejorando el control de la atención en situaciones de presión.

El bloqueo en el estímulo o tarea principal durante un periodo de tiempo adecuado conduce a mayores posibilidades de éxito. Según Vickers, los atletas de alto nivel tienen menor número de fijaciones cuando están frente a situaciones específicas del deporte. Duraciones más largas de fijación indican mejor procesamiento de la información y, por tanto, un mayor rendimiento. (103) Los mecanismos neurales exactos se desconocen, pero parece que ese periodo más largo es ventajoso para el procesamiento cognitivo que se relaciona con el cálculo de fuerza, dirección y velocidad que guiarán la respuesta motora. (104)

Hay evidencia científica que da apoyo al entrenamiento deportivo con este tipo de tecnología, asegurando que los beneficios persisten durante días o semanas. Los estudios de Moore y colaboradores se refieren a la práctica de golf, pero hay otros estudios. (105) Por ejemplo Harle y Vickers demostraron que al entrenar el QuietEye en jugadores de baloncesto, mejoraba significativamente el porcentaje de acierto en tiros libres. (106)

Algunas empresas que comercializan estos dispositivos son SensoMotoric Instruments, Tobii Pro y ArringtonResearch. También hay otros dispositivos más asequibles que no van montados en gafas aunque pierden eficacia y por ello no se emplean en investigación. (66)

4.4.5. Realidad Virtual.

La primera persona que acuñó el término de Realidad Virtual (RV) fue Jaron Lanier a finales de la década de los 80s. La RV se entiende como la interfaz hombre-computadora altamente interactiva que a través de un conmutador permite controlar escenas en tres dimensiones. (107,108)

La Realidad virtual hace referencia a un término amplio que incluye cuatro formas ambientales virtuales: Cabeza montada, Sistema aumentado, Estando o pecera y la Proyección superpuesta. Cualquiera de ellas permite describir simulaciones visuales recreadas por ordenador de un entorno real o imaginario. Para poder aplicar esta tecnología eficazmente se requiere de una buena **inmersión** del jugador (pantallas circulares...) y un buen nivel de **presencia** (el jugador tiene que sentirse en esa situación) (107,109).

La realidad virtual cada vez se está empleando más, ya que de manera totalmente personalizada se pueden recrear escenarios y simular situaciones reales. De esta manera, sin riesgo de lesión podemos analizar el rendimiento bajo alta presión y llevar a cabo protocolos complejos de entrenamiento. Nintendo Wii y Microsoft Kinect para Xbox son juegos comercializados que utilizan realidad virtual. Aunque están diseñados fundamentalmente para el

entretenimiento, hay herramientas y técnicas útiles en el área de aplicaciones de aprendizaje. (66,110)

- ✓ **Nintendo Wii:** Utiliza un dispositivo de interacción a distancia inalámbrico. Este mando dispone de infrarrojos y acelerómetros que detectan movimientos en tres dimensiones. La posterior versión *Wii Motion Plus*, permitía introducir también movimientos de rotación. (110)
- ✓ **Xbox360:** Utiliza una cámara RGB que detecta a la persona y puede analizar de forma bastante precisa los movimientos del jugador, rastreando hasta 20 puntos de articulación diferentes.(110)

Actualmente, además de en el ámbito del entretenimiento, la RV se emplea en la mejora de diferentes habilidades visuales. Analizaremos individualmente cada una de ellas en el apartado 3.4. Otras áreas de implementación de la RV son la educación, la informática, la ingeniería, la formación médica y quirúrgica, así como en la rehabilitación y la psicología. No obstante se salen de nuestro estudio. (107,111,112)

Uno de los problemas de la Realidad Virtual es el alto costo de esta tecnología, ya que debemos incluir el Software, el Hardware, la validación del material y su mantenimiento. Aunque no siempre se obtienen los mejores resultados con los dispositivos más caros. Hoy por hoy ya hay estudios suficientes que demuestran la mejora en ciertas habilidades, sin embargo la investigación no es concluyente en cuanto a si existe o no transferencia. (110)

Además existe controversia en la utilización de pantallas en terapia visual. La optometría conductual tiene como base, los principios de la postura, el equilibrio, la propiocepción, el movimiento, el espacio libre y el entorno natural. Llevar a cabo TV sentado con objetivos intangibles a una distancia fija desafía todos estos principios. (113) Es decir, en condiciones de visualización normal, la acomodación y convergencia funcionan de manera sincronizada en función de si el objeto se acerca o se aleja. Eadie et al. (2000), analizaron que cuando se emplean pantallas estereoscópicas (Televisores, pantallas realidad virtual...), hay una desconexión entre los dos sistemas. La acomodación se mantiene constante en un plano, mientras la vergencia se irá ajustando. Es posible disociar los dos sistemas, por ello, el uso de estos métodos requiere de una correcta gestión y planificación. (114)

4.5 MEJORA DE LAS HABILIDADES VISUALES A TRAVÉS DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.

Actualmente se está demostrando que en algunos casos la TV por ordenador es más efectiva que la llevada a cabo con procedimientos clásicos como son los vectogramas, estereogramas o el sinoptóforo. Concretamente, estas observaciones se han dado con niños no comunicativos o con baja atención. (115)

Birnbaum considera que el entrenamiento será más eficaz cuantos más procedimientos diferentes apliquemos. (83) No se debe olvidar que la especificidad es la gran barrera y que la variedad de procedimientos en el entrenamiento facilita la transferencia del aprendizaje y la generalización y mejora en las habilidades. Por tanto, parece que no es tan importante el procedimiento empleado sino desarrollar programas de entrenamientos mixtos y equilibrados. La manera ideal de conseguir una prevención, tratamiento y rehabilitación exitosa de los diferentes trastornos visuales así como la mejora de la eficiencia visual es cuando la terapia visual se lleva a cabo por personal cualificado. Esto incluye gestionar todo el programa de terapia visual incluyendo de forma equilibrada trabajo con nuevas tecnologías en consulta o en casa. (113,116)

4.5.1 Deporte.

Tanto en el estudio realizado por Kluka, Love, Covington, Bristow y Allison (2000), como la posterior investigación llevada a cabo por Kluka y Love (2006), se demostró que los atletas de élite generalmente presentan habilidades visuales superiores comparadas con los no atletas. Algunas de estas capacidades en las que sobresalen son la sensibilidad al contraste, visión periférica, tiempo de reacción, movimientos oculares, agudeza visual, concentración visual, reconocimiento visual, equilibrio dinámico... Hay un gran interés en mejorar aún más su rendimiento visual y sus habilidades visuales y cognitivas. (94,117)

Las personas que presentan problemas en el procesamiento visual debido a deficiencias del sistema nervioso central (SNC) son las que más se pueden beneficiar con la aplicación de las nuevas tecnologías para la mejora de sus habilidades. Sin embargo, como hemos visto en el apartado anterior, la gran mayoría de los instrumentos comercializados van dirigidos al área del deporte y predominan los estudios que abalan su funcionamiento en la mejora de capacidades deportivas. (16,15,19)

Esto es debido a la elevadísima competencia que hace que atletas, entrenadores y preparadores personales recurran a programas de entrenamiento de la visión como fórmula para completar su entrenamiento tradicional. A través de programas de entrenamiento perceptivo y simulador de realidad virtual, los entrenamientos pueden centrarse en habilidades visuales, perceptivas y cognitivas concretas para determinados deportes. Algunos de ellos ya han quedado descritos en el apartado anterior, por lo que se enumeraran los instrumentos más importantes. (66,94)

- Plataformas digitales: Utimeyes beneficia y rendimiento deportivo. (68)
- Neurotracker: NeuroTracker 3D-MOT y rendimiento deportivo. (73)
- Plataformas de luces: Entrenamiento visuo-motor. Dynavision2000/D2 y SVI. Rendimiento motor. (77,80)
- Programas informáticos: Vizual Edge y rendimiento deportivo. (91)
- Dispositivos especializados: Eye Sport Training y habilidades sensoriomotoras. (94). Estación Nike SPARQ y habilidades sensoriomotoras y visuales. (95). Entrenamiento estroboscópico y habilidades sensoriomotoras y rendimiento deportivo. (123,124) QuietEye y habilidades sensoriomotoras y rendimiento deportivo. (105,107)
- Realidad Virtual:

Eon Deportes VR ofrece simulaciones en Fútbol y Béisbol. *StriVRLabs* o *AxonDeporte* son otras empresas que han desarrollado plataformas de RV para recrear situaciones en deportes de contacto. Pero también están apareciendo aplicaciones para deportes individuales como el ciclismo, golf o corredores de fondo. (66,117)

SIDEKIQ es un software de entrenamiento útil para la formación y práctica a través de técnicas de Realidad virtual de inmersión. En la figura 9 se muestra el diseño de la interfaz y un ejemplo de lo que visualiza el deportista cuando utiliza este dispositivo. El interés apareció porque los atletas deben aprender las diferentes jugadas con las que se pueden encontrar. Para ello disponen de manuales, libros de jugadas, explicaciones de los entrenadores en pizarra... No obstante, estas jugadas explicadas en clase son demasiado abstractas y difíciles de imaginar en el campo de juego. (118)

Huang, Churches y Reilly, llevaron a cabo un estudio con 17 jugadores de fútbol americano durante 3 días y se obtuvo en promedio una mejora del 30% en las puntuaciones de los test de autoevaluación. Es decir para aprender jugadas y teoría a cerca de las tácticas de juego, si se lleva a cabo entrenamientos con RV, las puntuaciones son significativamente mejores que cuando se dan clases convencionales. Se está llevando a cabo la segunda fase del estudio que incluirá una muestra mayor, un grupo control y mecanismos de puntuación más eficaces. (118)

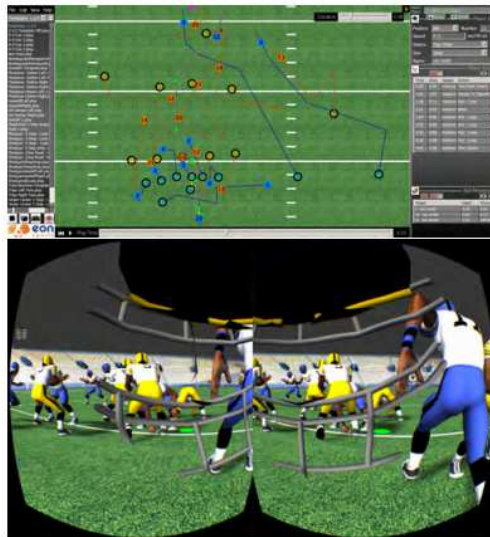


Figura 9. Arriba: El diseño de la interfaz con elementos de interfaz de usuario minimalista, lo que hace que sea más fácil para los entrenadores de fútbol crear jugadas. Abajo: Modo de vista del casco habilitado para Oculus, simulando lo que el jugador ve en el campo de juego. Yazhou Huang, Lloyd Churches and Brendan Reilly. A case Study on Virtual Reality American Football Training. ISBN. April 2015. (118)

Software similares se han diseñado para otros deportes de pelota como por ejemplo el Rugby o el Fútbol. Las ventajas principales del entrenamiento con RV son las siguientes:

- Permiten al entrenador diseñar los escenarios con los que se encontrarán sus jugadores.
- Mientras realizan el entrenamiento se les puede dar consejos. Es posible un feedback directo.
- Ofrece la posibilidad de cambiar de escenario rápidamente, así como añadir jugadores, incrementar la dificultad o trabajar diferentes habilidades. (118)

4.5.2 Ambliopía.

Se trata de un trastorno visual del desarrollo. Actualmente tiene una prevalencia de hasta el 4%. Son debidas principalmente a anisometropías sin corregir, a estrabismos o a una combinación de estas dos. En menor medida también existen ambliopías secundarias a la privación. Es decir, la ambliopía en la mayoría de los casos se consolida por un proceso de inhibición activa o supresión para eliminar la diplopía o confusión visual. El ojo afectado se inhibe de forma activa por las entradas neuronales desde dominante. (119)

Lleva asociadas anomalías funcionales de visión espacial, reducción de la SC, aumento de efectos de hacinamiento e integración anormal de contornos. Durante años se consideraba que estas deficiencias eran irreversibles pasado el periodo de la infancia. No obstante, hoy en día investigadores como Levi, Li o Polat, dan una esperanza a través del aprendizaje perceptivo que consigue rehabilitar a personas adultas con ambliopía. Estos entrenamientos son de alta intensidad y aunque el rendimiento en Agudeza Vernier, Agudeza de posición y reconocimiento de letras no se incrementa sustancialmente, sí que hay mejoras específicas de la SC.(19)

El Estudio de Ambliopía de Tratamiento de Oclusión Monitorizada (MOTAS), y el Estudio de Ambliopía de Tratamiento de Oclusión Aleatorizada (ROTAS), son dos grandes ensayos de tratamiento que demostraron que el cumplimiento con el tratamiento de parches fue inferior al 50%. (22,29) Los estudios de Krumholtz y Fitzgerald (1999) encontraron que si se incluía a la terapia visual como régimen de tratamiento, el rendimiento binocular era mucho mayor que cuando únicamente se utilizaba parche. Además Hess y Thompson (2015), demostraron que la terapia intensiva anti-supresión es mucho más eficaz que la terapia tradicional. Aunque la terapia tradicional con la oclusión conduce a una mejora de la AV monocular, la terapia anti-supresión va más allá mejorando la binocularidad y estereopsis. La figura 10 muestra la comparativa entre estos dos tratamientos. (119,120)

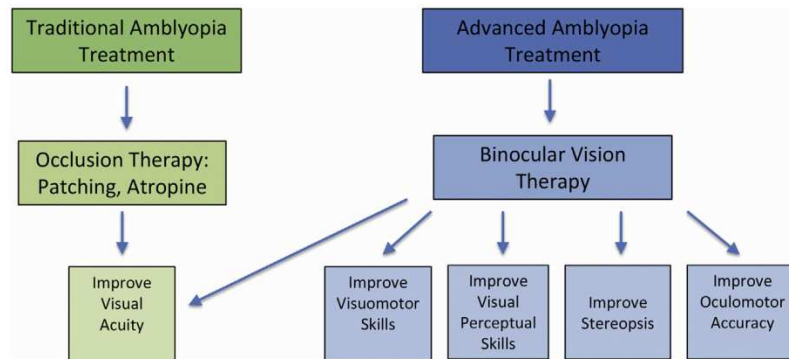


Figura 10. Entrenamiento tradicional frente al tratamiento avanzado de ambliopía. Fortenbacher, Bartolini, Dornbos, et al. (7)

Se han desarrollado estudios con técnicas dicópticas apoyándose en la hipótesis de que los ambliopes presentan una estructura del sistema visual intacta pero cuya funcionalidad es monocular. Estas técnicas miden objetivamente la supresión, reducen el contraste para el ojo sano (siendo máximo para el ambliope) y consiguen la interacción binocular. Esta idea posibilita el uso de este tipo de técnicas como terapia visual para el tratamiento de la ambliopía. (121)

Narasimhan et al. (2012) fueron los pioneros en estudiar el uso de la técnica dicóptica de coherencia de movimiento para medir la supresión en 39 niños ambliopes. Se basaba en presentar puntos estímulo que se movían a la derecha o a la izquierda, y a su vez puntos distractores que se movían en direcciones aleatorias y a la misma velocidad. Al comienzo se presentaban todos los puntos con contraste de 100%. El número de puntos señal se reducía hasta calcular el nivel de umbral de coherencia del movimiento. A mayor umbral, más número de puntos se requerían para distinguir la dirección del movimiento. Seguidamente, se medía el nivel de contraste para el cual los puntos ruido interfieren en la discriminación de la dirección de los puntos señal. Para ello, se presentaba al ojo ambliope un contraste del 100%. Al ojo sano se le presentaban los puntos distractores y se iba aumentando progresivamente su contraste. Una supresión fuerte estaba asociada a valores bajos de contraste de interferencia (figura 11). (122)

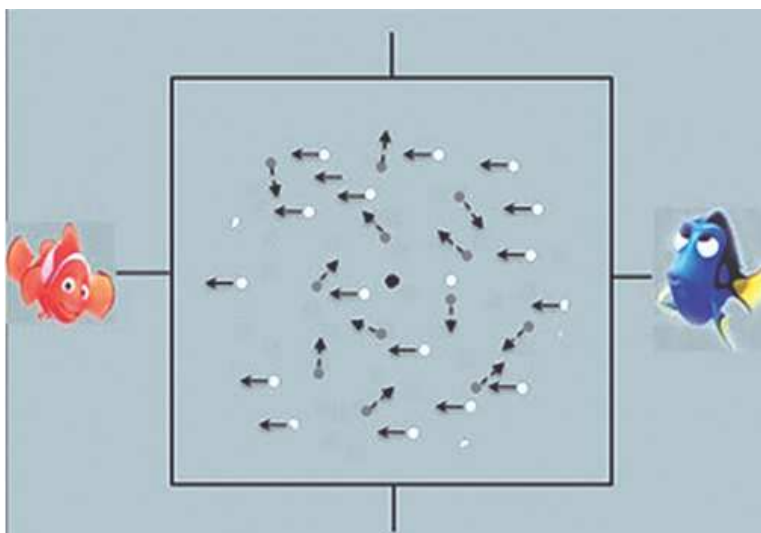


Figura 11. Visión esquemática del estímulo dicóptico para el cálculo de umbral contraste. Los puntos blancos dan la dirección. Los puntos grises son distractores y son mostrados al ojo sano. Imagen extraída de Narasimhan S, Harrison ER, Giaschi DE. "Quantitative measurement of interocular suppression in children with amblyopia" *Visión Res.* 2012;66:1-10 (122)

La realidad virtual a través de un programa establecido y personalizado que siga las pautas en terapia visual combinándose con técnicas anti-supresión y de aprendizaje perceptivo es capaz de fortalecer la fusión simultáneamente a la reducción de supresión cortical. (7,121) Actualmente hay un número creciente de publicaciones a cerca de la utilidad de la pantalla en el tratamiento de la ambliopía. Estudios como el de Hess (2012) obtuvieron resultados positivos para la terapia utilizando dispositivos Ipad. (123). Kelly et al. (2016) compararon la efectividad de un juego iPad (DigRush) con un tratamiento de oclusiones del ojo sano durante dos horas al día. Se utilizó un juego de aventura con 42 niveles de dificultad (figura 12). Estos científicos demostraron que durante las dos primeras semanas el tratamiento binocular (DigRush) fue más efectivo que el tratamiento con oclusiones). Concretamente, con la técnica dicóptica se obtuvo una media de mejora de AV de 0.15 logMAR (1.5 Líneas). Para el tratamiento con oclusiones se obtuvo una mejora de 0.07 logMAR. No obstante se requieren estudios con muestras mayores. (124)

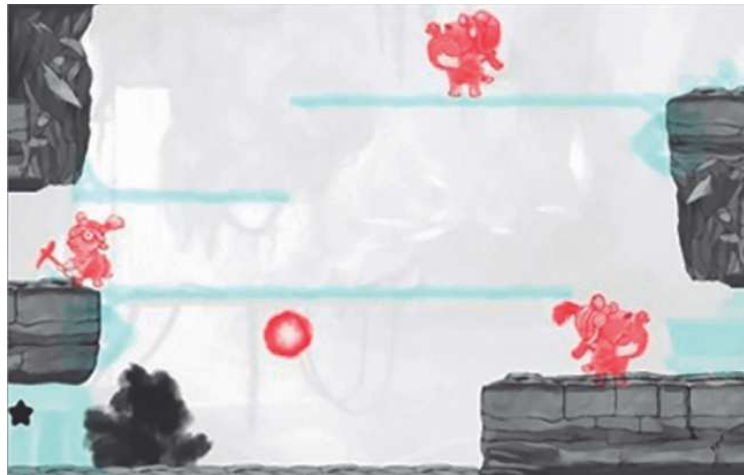


Figura 12. Captura de pantalla de DigRush. Imagen extraída de Kelly KR, Jost RM, Dao L, Beauchamp CL, Leffler JN, Birch EE. "Binocular iPad Game vs. Patching for Treatment of Amblyopia in Children: A Randomized Clinical Trial". JAMA Ophthalmol. 2016 Dec 1; 134(12):1402-08. Kelly KR et al. (124)

Otros investigadores australianos también han demostrado recientemente mejoras en habilidades motoras finas de niños con ambliopía, usando terapias basadas en el iPod. (119,125)

Sin embargo, hay otros estudios que no obtuvieron resultados estadísticamente significativos al comparar las mejoras obtenidas con terapia dicóptica frente a las obtenidas con oclusiones. (126,127). Destaca el estudio de Guo et al. (2016) cuyos resultados se publicaron en 2018. El objetivo pasaba por investigar la eficacia de un videojuego en el tratamiento de la ambliopía. Debido a los resultados de investigaciones anteriores se esperaba que la AV del ojo ambliope mejorase más en el grupo que jugaba a Tetris en *iPod Touch* junto con cambios de contraste y anáglifos. A pesar de las expectativas, los resultados no fueron estadísticamente significativos. (127)

Podemos extraer la conclusión de que los sujetos ambliopes con tratamiento binocular consiguen prácticamente el mismo resultado que si se emplea la terapia clásica de oclusión. Incluso en las primeras semanas parece haber un mayor avance de AV con tratamientos dicópticos. Además se demuestra que los niños que nunca han sido tratados de ambliopía consiguen los mismos resultados empleando uno u otro tipo de tratamiento. Sin embargo, en los sujetos que ya han sido tratados con oclusiones parece que el tratamiento con videojuegos no es suficientemente intenso y ello requeriría volver al tratamiento convencional o realizar un tratamiento conjunto. En cuanto la estereopsis, no se llegan a resultados significativos que describan una mejoría directa ni con el empleo de oclusión ni con terapias dicópticas. (124,126,128)

Tratando de encontrar alternativas que motivasen a los niños a cumplir el tratamiento, Li et al. (2015) crearon películas con estimulación dicóptica. La

disociación se creó con un patrón de enmascaramiento sobre la película. Al ojo ambliope se le mostraban unas partes de la imagen y al ojo sano el resto. Seguidamente, se aplicaban las diferencias en el contraste. Este estudio se llevó a cabo en 8 niños y aporta los primeros datos sobre la posibilidad de que ver películas dicópticas pueda ser útil en el tratamiento de la ambliopía. (129)

Waddingham et al. (2006) desarrollaron un sistema interactivo muy interesante de *Tratamiento Binocular (I bits™)* para la mejora en habilidades en la ambliopía. Los sujetos juegan en realidad virtual y la configuración permite mostrar la parte interesante del videojuego únicamente al ojo ambliope. El otro ojo recibe la información del fondo y de algunos elementos comunes que permiten la fusión. Además del estudio de Waddingham, otra investigación realizada por Eastgate et al (2006) muestra la eficacia de este programa en pacientes ambliopes. (16,19)

Avram et al. (2013), demostraron la eficacia del software *HTS iNet*, en el tratamiento de ambliopía. Analizaron la Agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la visión estereoscópica, antes y después del entrenamiento con el Software. El estudio se realizó a cinco niños con ambliopía anisométrica durante tres años. Se encontraron mejoras significativas en todas las medidas. La AV media pasó de 0.52 a 0.9, la sensibilidad al contraste de 1.5Log a 1.65Log y todos los niños presentaron estereopsis tras el tratamiento (solamente uno la presentaba antes del tratamiento). (85)

Levi et al (2015) llevaron a cabo un estudio para analizar el efecto de la oclusión, aprendizaje perceptivo monocular (Agudeza de Vernier, Discriminación de posición, detección de contraste y agudeza de rejilla), estimulación dicóptica y estimulación directa de la estereopsis. Estos autores llegaron a la conclusión de que la mejor manera de mejorar la estereopsis es la estimulación directa. Por tanto, los videojuegos con técnicas dicópticas no son un buen mecanismo para los pacientes estereodeficientes. (130)

EVA-Actividades de Entrenamiento Visual, es un programa informático de investigación desarrollado por el grupo de investigación *IdeasCAD* de la Universidad de Oviedo. Portela et al. (2015), analizaron a 5 sujetos que ya habían sido tratados de ambliopía, pero no habían alcanzado una estereopsis fina. El tratamiento constaba de 60 sesiones, de ocho minutos de duración, con el programa *EVA*. Todos los pacientes habían mantenido sus Agudezas visuales, pero había mejorado su estereopsis. Los porcentajes de mejora fueron del 50% en los pacientes 1,2,4, del 75% en el 3 y del 88% en el paciente número 5. La estabilidad de los resultados pasados seis meses, evidenció que el tratamiento mejora la estereoagudeza. (83)

Portela et al. (2018) llevaron a cabo un nuevo estudio en el que se demostró que a través del entrenamiento perceptivo es posible mejorar la estereopsis en pacientes con antecedentes de ambliopía. Se realizó el seguimiento a 32

participantes, mientras cumplieran con un programa de aprendizaje perceptivo utilizando un software de puntos aleatorios (RDS). Se demostró que este programa *RDS* puede mejorar la estereoaudeza de sujetos estereodeficientes con antecedentes de ambliopía. Posteriormente al estudio *Visionary* contactó con estos profesionales para desarrollar una herramienta de capacitación visual computerizada a través de diferentes juegos y pruebas en su aplicación. (131)

4.5.3 Presbicia y Edad avanzada.

Presbicia

En 1924 Von Helmholtz definió la presbicia como una pérdida de visión relacionada con el envejecimiento. Según éste autor, la presbicia, se caracterizaba por una pérdida gradual de la capacidad de acomodación y por la reducción de la elasticidad del cristalino. Todo esto conduce a la aparición de problemas para enfocar a distancias cortas. (132) En 2008 Holden publicó un estudio en el que se estimaba que a partir de 2005 más de un billón de personas en todo el mundo sería présbita y que más de la mitad no tendría un tratamiento adecuado. (133)

En 2014 Deveau y Seitz presentaron un estudio en el que llevaron a cabo un entrenamiento a 14 personas présbitas entre 40 y 78 años. El programa duró entre 4 y 12 semanas y se tomaron medidas pre y post entrenamiento. Los resultados obtenidos sugieren que el aprendizaje perceptivo puede mejorar la sensibilidad al contraste y la agudeza visual de cerca en adultos con presbicia. En la figura 13, se muestran los resultados obtenidos en relación a la Agudeza de lectura, tamaño impresión crítico y velocidad de lectura. Estas conclusiones son consistentes con otros estudios recientes como los llevados a cabo por Polat (2009) o los realizados por Polat et al (2012). Las mejoras observadas son significativas y es poco probable que hayan sido simples mejoras test-retest ya que no se encuentran en el grupo control. No obstante, se necesitan más investigación con un mejor control de posibles sesgos. (134)

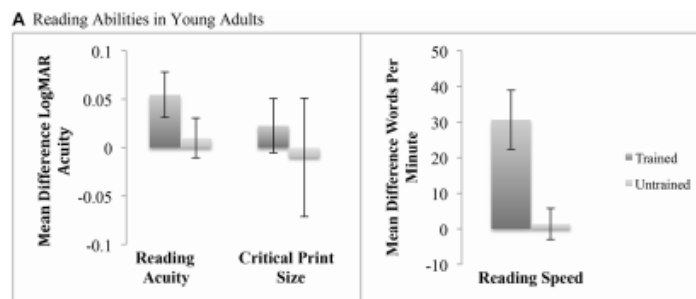


Figura 13. Se muestran las gráficas de Agudeza de lectura, Tamaño de impresión crítico y Velocidad de lectura. En cada una de ellas se hace una comparativa entre las medidas tomadas a los participantes antes y después del entrenamiento de la visión. Las medidas se llevaron a cabo en personas adultas sanas y los valores fueron obtenidos utilizando las gráficas de agudeza MNREAD. J. Deveau, A. Seitz. Applying perceptual learning to achieve practical changes in vision. 2014 (134)

Edad avanzada

Existe una disminución fisiológica natural de las capacidades de procesamiento asociada a la edad. Hay estudios que demuestran como los videojuegos pueden llevar a una recuperación tardía de la función visual (Ostrovsky, Andalman&Kanwisher, 2005). Sin embargo se requiere de más estudios que muestren si a través de los video juegos podría ralentizarse, detenerse o revertirse algunos de los cambios ocurridos con la edad como son disminución de destreza manual, capacidades cognitivas, capacidad de reacción, habilidades visuales...(18,19)

El entrenamiento cognitivo en personas adultas basado en computadoras es una alternativa a los programas tradicionales. Se busca la rehabilitación de la función del sistema visual con el objetivo de mejorar la calidad de vida. Para ello sigue estando presente la dificultad de la especificidad. Además, al tratarse de personas mayores se suma el hecho de que aunque la plasticidad del cerebro es posible, es más difícil de conseguir que en jóvenes. Por ello tiene especial importancia la elección y cumplimiento de los entrenamientos así como la elección de videojuegos con características que promocionen dicha plasticidad cerebral. (8)

El no requerir presencia de un instructor hace que se reduzcan costes y al mismo tiempo sea más fácil ajustar los horarios de trabajo y ubicación. Al tratarse de entrenamientos basados en las nuevas tecnologías la difusión es mucho más fácil, pudiendo llegar a poblaciones que de otra forma no podrían recibir este apoyo. Además estos programas son muy personalizados, ya que nos indican el rendimiento del paciente, nos permiten modificar la dificultad de los entrenamientos y escoger las estrategias que mejor se ajusten a la habilidad que se desea mejorar. Las tareas clásicas de entrenamiento cognitivo suelen hacerse en grupo y esto muchas veces genera ansiedad a las personas, así pues el ordenador supera esta barrera y permiten centrarse individualmente en las áreas que se quieren mejorar. Es un área prometedora ya que las personas mayores cada vez más disponen de ordenadores personales y a través de ellos se podría ralentizar el deterioro cognitivo y mejorar la función cognitiva. (135,136)

Según la revisión sistemática realizada por Kueidery et al (2012), si se hace la comparativa entre software neuropsicológico, tareas clásicas de entrenamiento cognitivo y videojuegos, observamos lo siguiente:

- El Entrenamiento clásico es más eficaz en las áreas de Atención, flexibilidad cognitiva y habilidades de pensamiento abstracto.
- Los Softwares Neuropsicológicos son más eficaces en los dominios de Memoria y Capacidad Visual Espacial.
- Los Videojuegos tienen mayor impacto en las medidas de Tiempo de Reacción y Velocidad de Procesamiento. A diferencia del resto, los videojuegos empleados en el estudio no fueron diseñados para

conseguir beneficios cognitivos (excepto Big BrainAcademy de Nintendo) y por tanto su orientación es mucho menos específica. (PacMan, Donkey Kong, Tetris, Videojuegos de Atari). (135)

Cabe destacar, que algunos estudios están demostrando que juegos que plantean un menor desafío, pueden ser más eficaces en intervenciones para adultos, por ejemplo el Tétris. (59)

Otros grupos de investigación como el de Clark et al. (1987) o el de Dutsman et al. (1992) observaron también mejoras significativas en los tiempos de reacción de personas de edad avanzada. En ambos estudios se consiguieron esas mejoras tras entrenamientos con videojuegos de acción. (33,34)

Hay estudios que demuestran a través del videojuego mejoras en coordinación ojo-mano, en habilidades mentales de rotación, una capacidad mayor de atención dividida y menores tiempos de reacción (5). En otras líneas de investigación como las llevadas a cabo por Drew (1986) u otras mucho más recientes como la de Torres (2008), se observó que el uso de videojuegos conduce a mejoras en dominios cognitivos globales. Es decir, se encontraron resultados que iban más allá de mejoras específicas. (137,138)

Aunque en la revisión sistemática de Kueiderla, la función ejecutiva no era especialmente potenciada con videojuegos, un estudio más reciente sí que encuentra esta relación para los participantes que jugaron a Microsoft GameStudiosRise of Nations (juego de estrategia) entre cuatro y cinco semanas obteniéndose mejoras significativas en las tareas de función ejecutiva, además de memoria y razonamiento avanzado. (139)

Polat (2012) muestra una relación directa entre el entrenamiento con la plataforma digital GlassesOff y mejoras en diferentes tareas visuales para pacientes de edad avanzada. (72) Legault, Allard y Faubert (2013), empleando un dispositivo NeuroTracker en personas de edad avanzada, obtuvieron resultados satisfactorios en la mejora de la función visual. (74)

Estos resultados son prometedores, ya que se consolida la idea de que a través de los videojuegos puede mejorar el rendimiento en diferentes habilidades perceptivas y cognitivas en personas mayores. Sin embargo hay que interpretarlo con precaución. Es necesario poder generalizar los resultados de los diferentes estudios a poblaciones más amplias, pero para ello se requiere de más investigación. Las principales debilidades están en la formación previa, la elección del videojuego y en la muestra escogida, que generalmente es pequeña y presenta poca diversidad étnica. (136)

4.5.4 Disfunción Binocular.

La insuficiencia de convergencia (IC) es una anomalía de la visión binocular caracterizada por presentar sintomatología visual asociada a tareas de cerca, presentar un Punto próximo de convergencia alejado, un AC/C bajo, una exoforia en visión cercana superior a la presente en lejos y unas reservas fusionales insuficientes. Es una de las anomalías no estrábicas más frecuentes y su tratamiento tiene generalmente una tasa de éxito elevada. Se puede entrenar con prismas de base interna (muy apropiado en présbitas) y/o con terapia visual. Se ha demostrado la eficacia de programas informáticos dirigidos a aliviar síntomas. . (88,89,140,141,142)

El estudio de Huston y Darren (2015), demostró que realizando entrenamientos con el programa **Computerized Vergence System (CVS)** se consiguen reducir los síntomas astenópicos relacionados con la Insuficiencia de Convergencia. Además, se observó una mejora generalizada en el Punto Próximo de Convergencia y Amplitud de convergencia de cerca. Los resultados son estadística y clínicamente significativos. De los 186 participantes un 98% presentaba síntomas astenópicos y tras los entrenamientos se redujo ese porcentaje hasta el 8%. (88)

En 2011 se realizó otro estudio cuyo objetivo fue determinar la eficacia del programa *Orthoptics* en la reducción de sintomatología en pacientes con insuficiencia de convergencia. En la figura 14, se muestra un gráfico con los resultados obtenidos. Es relevante mencionar este estudio retrospectivo porque el entrenamiento se completaba en el hogar. Es decir, el programa Orthoptics se instaló en los ordenadores personales de algunos participantes y el entrenamiento se realizaba también en sus propias casas. Los resultados fueron estadística y clínicamente significativos, demostrándose al mismo tiempo que la eficacia de la terapia visual reforzada en casa es mayor que cuando se realizan solo en consulta. (89)

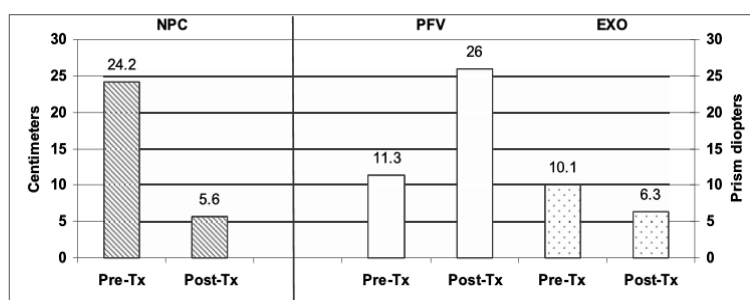


Figura 14. En los gráficos anteriores se muestran las medias de las medidas tomadas de forma objetiva antes y después del tratamiento con el programa Orthoptics. NPC: punto próximo de convergencia. PFV: Vergencia fusional positiva. EXO: Exodesviación de cerca. TX: Tratamiento. Se observa una reducción en el NPC y mejora en las vergencias y exodesviación en cerca tras el tratamiento. Angela Serna, BAppSc (Orthoptics), MPH, David L. Rogers, MD, Mary Lou McGregor, MD, Richard P. Golden, MD, Don L. Bremer, MD, Gary L. Rogers, MD. Treatment of Symptomatic Convergence Insufficiency with a home-based computer orthoptic exercise program. (89)

La reducción de la sintomatología en anomalías binoculares también es posible a través del programa informático **HTS™**. El estudio de Jeffrey Cooper y Jerome Feldman trata de ir más allá de la insuficiencia de convergencia y busca conocer la capacidad del programa HTS en la reducción de sintomatología en otros trastornos de acomodación / vergencia. Los resultados demostraron la utilidad de este programa en la reducción de sintomatología y mejora de los rangos de convergencia y de divergencia. Los autores recomiendan el uso de HTS en aquellas personas que presentan síntomas asociados a anomalías de acomodación/ convergencia no estrábicas y en los que la terapia visual complementada en el hogar no ha tenido éxito o no resultó práctica. (140)

Otros autores han tratado de buscar, evaluar y sintetizar toda la evidencia sobre las intervenciones no quirúrgicas en la insuficiencia de convergencia. Destaca el grupo de estudio conocido como **Insuficiencia Convergencia Treatment Trial (CTT)**. Las conclusiones a las que llegan son las siguientes: (141)

- La prescripción de prisma Base Interna en niños fue igual de eficaz que la del placebo en la mejora de signos y síntomas clínicos.
- La terapia visual ambulatoria complementada con ejercicios de convergencia y terapia por computador en el hogar mejora significativamente los resultados en niños.
- La eficacia de intervenciones no quirúrgicas en adultos es menos consistente que en el caso de los niños. (141)

Según Dusek et al. (2011), tanto la terapia visual computerizada (**HTS**), como la corrección prismática, son opciones efectivas de tratamiento en la insuficiencia de convergencia. El estudio se llevó a cabo en 134 niños, incluyendo grupo control. Los resultados muestran mejoras significativas, de los grupos en tratamiento, en la velocidad de lectura, amplitud de acomodación y flexibilidad acomodativa binocular. (86)

4.5.5 Accidentes cerebrovasculares.

Los desequilibrios de la visión tras un accidente cerebrovascular, pueden afectar a diferentes áreas. Tanto componentes visuales (vergenza, seguimiento...) como cognitivos (atención y concentración...) podrán haber sido dañados después de sufrir daño neurológico. (143)

Hay dos categorías de terapia para pacientes con déficits visuales originados por accidentes cerebrovasculares. El primero es de tipo **compensatorio**: Es decir, se educa al paciente a realizar movimiento de ojos y de cabeza para evitar zonas de campo ciego. En 1992 Kerkhoff llevó a cabo un programa de

rehabilitación para pacientes con escotomas homónimos y demostró mejoras significativas tras el entrenamiento de movimientos sacádicos (144).

La segunda categoría son terapias para la **restauración de la visión**. La zona frontera del campo ciego se estimula en un intento por disminuir el defecto campimétrico. Estudios como el de Huxlin et al. (2007) o el de Marshall (2007), demuestran una mejora en la tarea entrenada pero no ofrecen conclusiones acerca de si reportan mejoras en la calidad de vida. (145,146) La finalidad de estas técnicas es la de estimular el borde del escotoma para reclutar neuronas supervivientes que puedan cambiar sus campos receptivos y, de esta forma, representar parte del campo visual perdido. Concretamente, en el estudio de Huxlin se trabajó con RV en la estimulación de la zona límite del campo ciego de pacientes que habían sufrido ictus hemianópicos. Se obtuvieron mejoras significativas. (145)

Dicho de otra forma, la restauración de la función perdida tras un accidente cerebrovascular o conmoción cerebral pasa por una reorganización del sistema nervioso central. Esto es posible gracias a la neuroplasticidad que conducirá a cambios en la arquitectura funcional. Lee y Song (2015), demostraron que la rehabilitación a través de la RV es especialmente adecuada ya que permite la integración y realimentación multisensorial (visual, auditiva y propioceptiva). (147)

Hay controversia sobre si las mejoras son por la plasticidad cortical o por movimientos oculares ventajosos aprendidos. No obstante, desde la perspectiva del paciente, cualquier mejora es oportuna independientemente de donde provenga. (19) La revisión llevada a cabo por Boomeester (2007), concluyó que la eficacia de los entrenamientos con RV en casos de accidentes cerebrovasculares dependía tanto del método de mediciones perimétricas como del control de fijación empleado. (148)

La realidad virtual también tiene aplicación en el campo de los déficits cognitivos y metacognitivos así como el de las rehabilitaciones de déficits motores dirigidas a personas con discapacidades severas. Weiss y Katz (2004) encontraron una serie de atributos que condicionaban su gran utilidad en esta materia: (107,149,150)

- Oportunidad de crear un aprendizaje repetitivo y capacidad de aumentar la complejidad de las tareas gradualmente. Personalización: Selección adecuada del ambiente de RV que sea motivador para el paciente.
- Capacidad de medir objetivamente el avance del paciente. Ambiente seguro, supervisado y con un estricto control de los estímulos. (149,151)

4.5.6 Ocupaciones específicas.

Gopher et al. (1994) evidenciaron que los videojuegos pueden ser de gran ayuda en el entrenamiento de pilotos. (152) Además, en el estudio de Rosser et al. (2007) se obtienen datos positivos en el papel que desempeñan los videojuegos en la formación de cirujanos laparoscópicos. (28) Incluso en la mejora de habilidades espaciales que se relacionan asociativamente. Por último, Feng et al. (2007) demuestran que la brecha de género presente en habilidades espaciales como la rotación espacial, puede reducirse con el entrenamiento con este tipo de dispositivos. Además, este hecho puede tener implicaciones con el éxito en áreas de ciencia y matemáticas. (153)

4.5.7 DMAE.

Un estudio del 2005, llevado a cabo por Baker, Peli, Knouf y Kanwisher, trata este tema pero no se alcanzan resultados concluyentes. Se requiere de más estudios para poder hacer una relación clara entre entrenamiento con nuevas tecnologías y mejoras en capacidades visuales en pacientes con DMAE. (154)

5. CONCLUSIÓN.

-Cada vez existe más literatura que demuestra la maleabilidad y posibilidad de mejora de diferentes habilidades visuales a través de la práctica y entrenamiento.

-El entrenamiento con videojuegos de acción permite mejorar diferentes habilidades visuoperceptivas como la AV, SC ó la Atención visual. En comparación con la AV, las habilidades atencionales requieren de muchas menos horas de juego para obtener mejoras. Adicionalmente, el entrenamiento de sacádicos con nuevas tecnologías permite mejorar el rendimiento lector.

-Hay un movimiento creciente hacia el desarrollo de herramientas de formación y desarrollo de diferentes plataformas dirigidas a contextos aplicados.

-Las plataformas digitales (*Ultimesys, GlassesOff...*), son aquellas que utilizan en el entrenamiento estímulos Gabor. Hay evidencia de que estos instrumentos permiten mejorar la AV, SC, velocidad de procesamiento e incluso el rendimiento en tareas visuales de personas de edad avanzada.

-Aplicaciones móviles como *BrainTraining* o *HeadTrainer*, no están respaldadas por ningún estudio científico.

-La tecnología *Eyetracker*, permite mejorar el rendimiento deportivo. También existen estudios que muestran resultados satisfactorios en dificultades de aprendizaje y atención, así como en mejorar la función visual de personas de edad avanzada.

-Otros dispositivos comercializados son las plataformas de luces. Su uso va dirigido al entrenamiento visual y motor. Su eficacia motora está abalada por diferentes estudios.

-En cuanto a los programas informáticos, destaca *Visionary*. Existe evidencia científica a cerca de su uso como tratamiento de ambliopía, permitiendo también una mejora de la estereoagudeza.

-En general, el uso de técnicas dicópticas en el tratamiento de ambliopía aporta buenos resultados para valores de AV, estereopsis y supresión. También la AV de cerca en personas presbítas puede mejorarse mediante entrenamiento con nuevas tecnologías.

-En el área deportiva encontramos instrumentos especializados como *EyeThink Sport Training*, *Estación Nike SPARQ*, gafas estroboscópicas y *Eye Tracking Quiet Eye*. De todas ellas hay evidencia sobre su utilidad en mejorar habilidades sensoriomotoras.

-Respecto la insuficiencia de convergencia (IC), es posible su tratamiento efectivo a través de programas informáticos como *CVS* ó *HTS*.

-La variedad de procedimientos en el entrenamiento facilita la transferencia, generalización y mejora de habilidades. Por ello, el entrenamiento en terapia visual será más eficaz cuantos más procedimientos diferentes apliquemos. Desarrollar programas mixtos y equilibrados, es la mejor forma de conseguir un tratamiento, refuerzo y rehabilitación exitosa.

- El gran reto en el campo de la plasticidad inducida por el entrenamiento sigue estando en la gran especificidad de los estudios, ya que, la transferencia de aprendizaje es fundamental para conseguir una rehabilitación eficiente.
- Se requieren más estudios, preferiblemente de tipo longitudinal/experimental, con una correcta selección aleatoria de muestras y grupo control.

6. BIBLIOGRAFIA.

- 1 C S Green, D Bavelier. Exercising Your Brain: A Review of Human Brain Plasticity. Training-Induced Learning. Department of Psychology, University of Minnesota. Department of Brain and Cognitive Sciences, University of Rochester. National Institutes of Health. December 2008
- 2 Ball K, Sekuler R. A specific and enduring improvement in visual motion discrimination. *Science* 1982;218:697–698. [PubMed: 7134968]
- 3 Brashers-Krug T, Shadmehr R, Bizzi E. Consolidation in human motor memory. *Nature* 1996;382(6588): 252–255. [PubMed: 8717039]
- 4 Fine I, Jacobs RA. Perceptual learning for a pattern discrimination task. *Vision Research* 2000;40:3209– 3230. [PubMed: 11008139]
- 5 Sowden PT, Rose D, Davies IR. Perceptual learning of luminance contrast detection: Specific for spatial frequency and retinal location but not orientation. *Vision Research* 2002;42:1249–1258. [PubMed: 12044757]
- 6 Seidler RD. Multiple motor learning experiences enhance motor adaptability. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2004;16:65–73. [PubMed: 15006037]
- 7 Dan L. Fortenbacher, OD, FCOVD, Alyssa Bartolini, OD, Brian Dornbos, OD, Tuan tran, OD. Vision Therapy and Virtual Reality Applications. *Advances in Ophthalmology and Optometry III* (2018) 39-59. Elsevier. USA. 2018
- 8 R.L. Achtman, C.S. Green, D. Bavelier. Video games as a tool to train visual skills. *Restor Neurol Neurosci*. National Institutes of Health. 2008; 26 (4-5): 435-446.
- 9 Organización Mundial de la Salud. Temas de salud. Envejecimiento. Datos sobre el envejecimiento. <http://www.who.int/features/factfiles/ageing/es/> (17 de Septiembre de 2018).
- 10 C.Shawn Green & Daphne Bavelier. Action video game modifies visual selective attention. *Letters to nature*. Vol 423/29 May 2003/ Pag 534-537
- 11 ¿Por qué yo no puedo? Fundamentos biológicos de las dificultades del aprendizaje. López Juez María. Neocortex.
- 12 Fahle, M.; Poggio, T. Perceptual learning. Cambridge: MIT Press; 2002.
- 13 Karni A, Meyer G, Rey-Hipolito C, Jezard P, Adams MM, Turner R. The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Science* 1998;95:861–868.
- 14 Willis SL, Tennstedt SL, Marsiske M, Ball K, Elias J, Koepke KM. Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults. *Journal of the American Medical Association* 2006;296(23):2805–2814. [PubMed: 17179457]
- 15 Jenni Deveau, Gary Lovcik, Aaron R. Seitz. Broad-based visual benefits from training with an integrated perceptual-learning video game. Department of Psychology, University of California. Anaheim Hills Optometry Center, USA. Elsevier. May 2013
- 16 C S Green, R Li, D Bavelier. Perceptual Learning During Action Video Game Playing. Department of psychology, University of Minnesota. Department of Brain and Cognitive Sciences, University Rochester. Cognitive Science Society. August 2009
- 17 Gabriel Rodriguez, Gumersinda Alonso. Aprendizaje Perceptivo. Gobierno Vasco. Capitulo 5. Pag 1-26
<https://www.ehu.es/documents/2363333/2405223/PDF11+Rodr%C3%ADguez+y+Alonso+2007+Cap%C3%ADtulo.pdf>
- 18 J Deveau, G Lovcik, A Seitz. Broad-based visual benefits from training with an integrated perceptual-learning video game. Department of Psychology. University of California. Riverside, CA, USA. Optometry Center Anaheim, CA, USA. Elsevier. May 2013.
- 19 R L Achtman, C S Green, D Bavelier. Video Games as a tool to train visual skills. Department of Brain and cognitive Sciences. University Rochester. National Institutes of Health. 2008.
- 20 Fiorentini A, Berardi N. Perceptual learning specific for orientation and spatial frequency. *Nature* 1980;287:43–44. [PubMed: 7412873]

- 21 Karni A, Sagi D. Where practice makes perfect in texture discrimination: Evidence for primary visual cortex plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 1991;88:4966–4970.
- 22 Fahle M. Perceptual learning: A case for early selection. *Journal of Vision* 2004;4:879–890. [PubMed: 15595892]
- 23 Kioumourtoglou E, Kourtessis T, Michalopoulou M, Derri V. Differences in several perceptual abilities between experts and novices in basketball, volleyball, and water-polo. *Perceptual and Motor Skills* 1998;86:899–912. [PubMed: 9656285]
- 24 Gardiner MF, Fox A, Knowles F, Jefferey D. Learning improved by arts training. *Nature* 1996;381:284. [PubMed: 8692266]
- 25 Green CS, Bavelier D. Enumeration versus multiple object tracking: The case of action video game players. *Cognition* 2006b;101:217–245. [PubMed: 16359652]
- 26 Green CS, Bavelier D. Effects of action video game playing on the spatial distribution of visual selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 2006a;32:1465–1478. [PubMed: 17154785]
- 27 W Boot, D Blakely, D Simons. Do action video Games improve perception and cognition?. Department of Psychology, Florida State University. Department of Psychology, University of Illinois. *Frontiers in Psychology*. September 2011
- 28 Rosser JCJ, Lynch PJ, Cuddihy L, Gentile DA, Klonsky J, Merrell R. The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Archives of Surgery* 2007;142:181–186. [PubMed: 17309970]
- 29 Castel AD, Pratt J, Drummond E. The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. *Acta Psychologica* 2005;119:217–230. [PubMed: 15877981]
- 30 Greenfield PM, DeWinstanley P, Kilpatrick H, Kaye D. Action video games and informal education: Effects on strategies for dividing visual attention. *Journal of Applied Developmental Psychology* 1994;15:105–123
- 31 Trick LM, Jaspers-Fayer F, Sethi N. Multiple-object tracking in children: The “catch the spiers” task. *Cognitive Development* 2005;20:373–387.
- 32 Drew D, Waters J. Video games: Utilization of a novel strategy to improve perceptual motor skills and cognitive functioning in the non-institutionalized elderly. *Cognitive Rehabilitation* 1986;4:26–31.
- 33 Clark JE, Lanphear AK, Riddick CC. The effects of videogame playing on the response selection processing of elderly adults. *Journal of Gerontology* 1987;42:82–85. [PubMed: 3794204]
- 34 Dustman RE, Emmerson RY, Steinhaus LA, Shearer DE, Dustman TJ. The effects of videogame playing on neuropsychological performance of elderly individuals. *Journal of Gerontology* 1992;47:P168–P171. [PubMed: 1573200]
- 35 Elfriede Wenzelburger. La transferencia en el aprendizaje. Universidad de Texas. Revista 61. Pag 1-10
http://publicaciones.anuies.mx/pdfs/revista/Revista61_S1A4ES.pdf
- 36 Vygotsky, LS. *Mind and society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1978.
- 37 Hebert, S., Beland, R., Dionne-Fournelle, O., Crete, M., & Lupien, S. J. (2005). Physiological stress response to video-game playing: The contribution of built-in music. *Life Sciences*, 76, 2371–2380.
- 38 Przybylski, A. K., Ryan, R. M., & Rigby, C. S. (2009). The motivating role of violence in video games. *Person- ality and Social Psychology Bulletin*, 35(2), 243–259.
- 39 Segal, K. R., & Dietz, W. H. (1991). Physiological responses to playing a video game. *American Journal of Diseases of Children*, 145(9), 1034–1036.
- 40 Shosnik, P. D., Chatterton, R. T. Jr, Swisher, T., & Park, S. (2000). Modulation of attentional inhibition by nor- epinephrine and cortisol after psychological stress. *International Journal of Psychophysiology*, 36(1), 59–68.
- 41 Ahissar M, Hochstein S. The spread of attention and learning in feature search: Effects of target distribution and task difficulty. *Vision Research* 2000;40:1349–1364. [PubMed: 10788645]
- 42 Herzog MH, Fahle M. The role of feedback in learning a vernier discrimination task. *Vision Research* 1997;37:2133–2141. [PubMed: 9327060]
- 43 Watanabe T, Nanez J, Sasaki Y. Perceptual learning without perception. *Nature* 2001;413:844–848. [PubMed: 11677607]

- 44 Amitay S, Irwin A, Moore D. Discrimination learning induced by training with identical stimuli. *Nature Neuroscience* 2006;9:1446–1448.
- 45 Fahle M, Edelman S, Poggio T. Fast perceptual learning in hyperacuity. *Vision Research* 1995;35:3003–3013. [PubMed: 8533337]
- 46 Silva LC. La investigación biomédica y sus laberintos. En defensa de la racionalidad para la ciencia del siglo XXI. España: Díaz de Santos; 2008.
- 47 Lam Díaz Rosa María, Hernández Ramírez Porfirio. El placebo y el efecto placebo. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter* [Internet]. 2014 Sep [citado 2019 Ene 01]; 30(3): 214-222. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892014000300004&lng=es
- 48 Bonneh YS, Sagi D, Polat U. Local and non-local deficits in amblyopia: acuity and spatial interactions. *Vision Res* 2004;44(21):3099–3110. [PubMed: 15482798]
- 49 Green CS, Bavelier D. Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychol Sci* 2007;18(1):88–94. [PubMed: 17362383]
- 50 Renjie Li, Uri Polat, Walter Makous & Daphne Bavelier. Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. *National Institutes of Health. Nature Neurosci.* 2009 May; 12(5): 549-551
- 51 Deveau, J., Lovcik, G., & Seitz, A. R. (2014). Broad-based visual benefits from training with an integrated perceptual-learning video game. *Vision Research*, 99, 134–140. doi:10.1016/j.visres.2013.12.015
- 52 Raymond JE, Shapiro KL, Arnell KM. Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1992;18(3):849–860. [PubMed: 1500880]
- 53 Pylyshyn ZW, Storm RW. Tracking multiple independent targets: evidence for a parallel tracking mechanism. *Spat Vis* 1988;3(3):179–197. [PubMed: 3153671]
- 54 Dye MWG, Green CS, Bavelier D. Attentional networks and their development in action video game players. (submitted).
- 55 Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner MI. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *J Cogn Neurosci* 2002;14(3):340–347. [PubMed: 11970796]
- 56 Pascual-Leone A, Torres F. La plasticidad de la representación sensoriomotoras corteza del dedo lectura en lectores de braille. *Cerebro* 1993; 116 (Pt 1): 39-52. [PubMed: 8453464]
- 57 Elbert T, Pantev C, Wienbruch C, Rockstroh B, Taub E. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science* 1995;270(5234):305–307. [PubMed: 7569982]
- 58 Cuetos, F. (1990). *Psicología de la escritura*. Madrid: Escuela Española
- 59 Jesus Pinto Blanco. Relación entre los movimientos sacádicos comprensión y velocidad lectora en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria. Un programa de intervención con nuevas tecnologías. *Neuropsicología aplicada a la visión*. Universidad Internacional de La Rioja. Madrid. Noviembre 2014.
- 60 Montealegre, R., Forero, L. Desarrollo de la lectoescritura: adquisición y dominio *Acta Colombiana de Psicología*, vol. 9, núm. 1, mayo, 2006, pp. 25-40 Universidad Católica de Colombia Bogotá, Colombia
- 61 Cusimano, C. Eye-Tracking while Reading. Recuperado de <https://wiki.brown.edu/confluence/display/kertslab/Eye-Tracking+While+Reading>
- 62 Álvarez, L. y González, P. (1996). Dificultades en la adquisición del proceso lector. *Psicothema*, 8, (3), 573-586.
- 63 Rodríguez, M., Bernabéu, A., García, S., y Leal, L. (2010). Evaluación de los movimientos oculares sacádicos mediante un videojuego de entrenamiento de motilidad ocular: “Los Picapiedras sobre ruedas”. *Gaceta Óptica*.
- 64 Prado, C., Dubois, M. & Valdois, S. (2007). The eye movements of dyslexic children during Reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research* 47, 2521-2530.
- 65 Press L. The evolution of vision therapy. In: *applied concepts in vision therapy*. Santa Ana (CA): Optometric Extension Program; 2008. p. 2–8.
- 66 L. Gregory Appelbaum & Graham Erickson (2016): Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques, *International Review of Sport and Exercise Psychology*. December .

- 67 Deveau, J., Ozer, D. J., & Seitz, A. R. (2014). Improved vision and on-field performance in baseball through perceptual learning. *Current Biology*, 24(4), R146–R147. doi:10.1016/j.cub.2014.01.004
- 68 Deveau, J., Thurman, S., & Seitz, A. R. (2016). Improvements in baseball pitching through vision training.
- 69 Huang, P. The properties of collinear facilitation in human vision. Department of neurology and neurosurgery. Montreal, Canada. 2007.
- 70 Sterkin, A., Yehezkel, O., & Polat, U. (2012). Learning to be fast: Gain accuracy with speed. *Vision Research*, 61, 115–124. doi:10.1016/j.visres.2011.09.015
- 71 Glassesoff. (Enero 2019). Lee sin necesidad de gafas. Recuperado de: <http://www.glassesoff.com/es.html>
- 72 Polat, U., Schor, C., Tong, J. L., Zomet, A., Lev, M., Yehezkel, O.,... Levi, D. M. (2012). Training the brain to overcome the effect of aging on the human eye. *Scientific Reports*, 2, 278. doi:10.1038/srep00278
- 73 Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Wells, A. J., Gonzalez, A. M., Rogowski, J. P., Townsend, J. R.,... Stout, J. R. (2014). Visual tracking speed is related to basketball-specific measures of performance in NBA players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2406–2414. doi:10.1519/JSC.0000000000000550
- 74 Legault, I., Allard, R., & Faubert, J. (2013). Healthy older observers show equivalent perceptual-cognitive training benefits to young adults for multiple object tracking. *Frontiers in Psychology*, 4, 323. doi:10.3389/fpsyg.2013.00323
- 75 Parsons, B., Bates, R., & Faubert, J. (2013). Attention and perceptual-cognitive training: Preliminary evidence for training attention-deficit populations. Paper presented at the children and adults with attention-deficit/hyperactivity disorder (CHADD) annual meeting, Washington, DC.
- 76 Nyquist, J. B., Lappin, J. S., Zhang, R., & Tadin, D. (2016). Perceptual training yields rapid improvements in visually impaired youth. *Scientific Reports*, 6, doi:10.1038/srep37431.
- 77 Vesia, M., Esposito, J., Prime, S. L., & Klavara, P. (2008). Correlations of selected psychomotor and visuomotor tests with initial Dynavision performance. *Perceptual and Motor Skills*, 107(1), 14–20. doi:10.2466/pms.107.1.14-20
- 78 Wells, A. J., Hoffman, J. R., Beyer, K. S., Jajtner, A. R., Gonzalez, A. M., Townsend, J. R.,... Stout, J. R. (2014). Reliability of the dynavision d2 for assessing reaction time performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(1), 145–150.
- 79 Sanet Vision Integrator. (Enero 2019). Developed by Sanet R., Bortel R. Recuperado de: <https://www.svision.com/>
- 80 Baas, E. Panchal, N. Coffey, B. Patel, P. Kelly, S. Test-Retest Reliability of the Sanet Vision Integrator. *Optometry & Visual Performance*. Volume 4, Issue 3. Pag 119-123. June 2016.
- 81 Visionary. (Enero 2019). La tecnología es un medio, no un fin. Recuperado de: <https://www.visionarytool.com/n>
- 82 Portela, J., Martín-González S., Ruiz-Alcoer, J., Iliarramendi I., Garrido-Mercado R. A Random Dot Computer Video Game Improves Stereopsis. *Optom Vis Sci*. 2018. 523-535
- 83 Portela JA, Ruiz-Alcacer J , Garrido R . Martín S . Mejoría en la estereopsis de pacientes con historial de ambliopía mediante un programa de aprendizaje perceptivo. 2015; 501
- 84 HTS. (Enero 2019). Effective Vision Therapy Solutions. Vision Therapy Programs. Recuperado de: <http://visiontherapysolutions.net>
- 85 Avram E., Stanila A. Treating anisometric amblyopia with HTS Amblyopia iNet Software. Preliminary results. *Medline*. PMID: 2486790. 2013 ; 57(2) :23-7
- 86 Dusek W., Pierscionek B., McClelland J. An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with Reading difficulties. 2011. *BMC Ophthalmology* 2011 11:21. <https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2415-11-21>
- 87 Computer Orthoptics. AmbPiNet. Computerized Home Vergence Exercises. (Enero 2019). Recuperado de: <http://computerorthoptics.com/>
- 88 Pamela A. Huston, CO, Darren L. Hoover, MD. Treatment of Symptomatic convergence insufficiency with home-based computerized vergence system therapy in children.

- Journal of AAPOS. American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. New Orleans, Louisiana, March 25-29, 2015
- 89 Angela Serna, BAppSc (Orthoptics), MPH, David L. Rogers, MD, Mary Lou McGregor, MD, Richard P. Golden, MD, Don L. Bremer, MD, Gary L. Rogers, MD. Treatment of Symptomatic Convergence Insufficiency with a home-based computer orthoptic exercise program. Study conducted at the Nationwide Children's Hospital. Department of Ophthalmology. Journal of AAPOS. 2011;15:140-143. Columbus, Ohio. March 2011.
 - 90 Vizual Edge. (Enero 2019). Meet the Edge Trainer. Recuperado de: <https://vizualedge.com/edge-trainer/>
 - 91 Seiller, B. (1995). See Better Ski Better. American Ski Coach, 17(1),17-19.
 - 92 BrainVT. (Enero 2019). Inicio. Recuperado de: <http://www.brainvt.com/sobre-nosotros>
 - 93 Centro de Optometría Internacional. (Enero 2019). Software. Recuperado de: <https://coi-sl.es/software>
 - 94 The efficacy of the eyethinksport training software programme on South African High School Cricketers. Sherylle L. Calder and Darlene A. Kluka. African Jounas For Physical, Health Education. Recreation and Dance. Vol. 15, No.1, pp.44-61. March 2009
 - 95 Kristina Krasich, Ben Ramger, Laura Holton, Lingling Wang, Stephen R. Mitroff & L. Gregory Appelbaum (2016) Sensorimotor Learning in a Computerized Athletic Training Battery, Journal of Motor Behavior, 48:5, 401-412. June 2016
 - 96 Karni, A., Tanne, D., Rubenstein, B. S., Askenasy, J. J., & Sagi, D. (1994). Dependence on REM sleep of overnight improvement of a perceptual skill. Science, 265, 679–682.
 - 97 Walker, M. P., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J. A., & Stickgold, R. (2002). Practice with sleep makes perfect: Sleep- dependent motor skill learning. Neuron, 35, 205–211.
 - 98 Aberg, K. C., Tartaglia, E. M., & Herzog, M. H. (2009). Perceptual learning with Chevrons requires a minimal number of trials, transfers to untrained directions, but does not require sleep. Vision Research, 49, 2087–2094. doi:10.1016/j.visres.2009.05.020
 - 99 Dahlin, E., Neely, A. S., Larsson, A., Backman, L., & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. Science, 320(5882), 1510–1512. doi:10.1126/science.1155466
 - 100 Appelbaum, L. G., Schroeder, J. E., Cain, M. S., & Mitroff, S. R. (2011). Improved visual cognition through stroboscopic training. Frontiers in Psychology, 2, 276. doi:10.3389/fpsyg.2011.00276.
 - 101 Appelbaum, L. G., Cain, M. S., Schroeder, J. E., Darling, E. F., & Mitroff, S. R. (2012). Stroboscopic visual training improves information encoding in short-term memory. Attention, Perception and Psychophysics, 74(8), 1681–1691. doi:10.3758/s13414-012-0344-6
 - 102 Grooms, D., Appelbaum, G., & Onate, J. (2015). Neuroplasticity following anterior cruciate ligament injury: A framework for visual-motor training approaches in rehabilitation. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 45(5), 381–393. doi:10.2519/jospt.2015.5549
 - 103 Vickers, J. N. (1996). Visual control when aiming at a far target. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2(324), 342–354.
 - 104 Vickers, J. N. (2016). Origins and current issues in quiet Eye research. Current Issues in Sport Science, 1(1), 1–11.
 - 105 Moore, B. C., Vine, S. J., Cooke, A., Ring, C., & Wilson, M. R. (2012). Quiet eye training expedites motor learning and aids performance under heightened anxiety: The roles of response programming and external attention. Psychophysiology, 49, 1005–1015.
 - 106 Harle, S., & Vickers, J. N. (2001). Training quiet eye improves accuracy in the basketball free throw. The Sports Psychologist, 15, 289–305.
 - 107 Márquez-Vázquez Rosa Elena, Martínez-Castilla Yazmin, Rolón-Lacarriere Óscar. Impacto del Programa de Terapia de Realidad Virtual sobre las evaluaciones escolares en pacientes con mielomeningocele y parálisis cerebral infantil. Revista Mexicana de Neurociencia. Enero-Febrero, 2011; 12 (1): 16-26.
 - 108 Arthur KW, Booth KS. "Evaluating 3D task for fish tank virtual worlds". ACM Transactions on Information Systems 1993; 11: 239-65
 - 109 Cathy Craig , Sports Technology: Understanding perception and action in sport: how can virtual reality technology help?, Sports Technology. October 2013.

- 110 Helen C. Miles, Serban R. Pop, Simon J. Watt, Gavin P. Lawrence, Nigel W. John, A review of virtual environments for training in ball sports, *Computers & Graphics*, Volume 36, Issue 6, Pages 714-726. October 2012.
- 111 Keshner EA. "Virtual Reality and Physical Rehabilitation a New Toy or a New Research and Rehabilitation Tool?" *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 2004; 1(8): 1-8
- 112 Gershon J, Zimand E. "A Pilot Feasibility Study of Virtual Reality as a Distraction for Children With Cancer" *American Academy of Children and Adolescence Psychiatry* 2004; 43(10): 1243-9.
- 113 Michael P. Doyle, Dip.App.Sc (Optom), GradCertOcTherap, Bassendean, Perth, Australia. Vision Therapy In the Modern Behavioural Optometry Practice: The History of Vision Therapy and Contemporary Approaches to Case Selection, Case Management, and the Delivery of Treatment. *Optometry & Visual Performance*. Volume 4. Issue1: 15-24. February 2016
- 114 Eadie AS, Gray LS, Carlin P, et al. Modelling adaptation effects in vergence and accommodation after exposure to a simulated virtual reality stimulus. *Ophthalmic Physiol Opt* 2000;20:242-51.
- 115 Peachey GT. Minimum attention model for understanding the development of efficient visual function. *J Behav Optom* 1991;2:199-206.
- 116 Birnbaum MH. *Optometric Management of Near Point Vision Disorders*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann, 1993:73,288,296. <http://bit.ly/1okV6xY>
- 117 Karen Zentgraf, Holger Heppel, Marie-Therese Fleddermann. Training in interactive sports. A systematic review of practice and transfer effects of perceptual-cognitive training. *German Journal of Exercise and Sport Research* 1. 2017. Berlin Heidelberg. Germany.
- 118 Drew D, Waters J. Video games: Utilization of a novel strategy to improve perceptual motor skills and cognitive functioning in the non-institutionalized elderly. *Cognitive Rehabilitation* 1986;4:26-31.
- 119 Dustman RE, Emmerson RY, Steinhaus LA, Shearer DE, Dustman TJ. The effects of videogame playing on neuropsychological performance of elderly individuals. *Journal of Gerontology* 1992;47:P168- P171. [PubMed: 1573200]
- 120 Hess RF, Thompson B. ambliopía y el enfoque binocular a su terapia. *Vision Res* [18] Hess RF, Thompson B. ambliopía y el enfoque binocular a su terapia. *Vision Res* 2015; 114: 4-16 .
- 121 Bosquet S. Terapia visual dicóptica para la ambliopía en niños: revisión bibliográfica. Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía. Universidad de Alicante. Artículo Científico
- 122 Narasimhan S, Harrison ER, Giaschi DE. "Quantitative measurement of interocular suppression in children with amblyopia" *Visión Res*. 2012;66:1-10 (106)
- 123 Hess RF, Thompson B, Black JM, Machara G, Zhang P, Bobier WR, An iPod treatment of amblyopia: an updated binocular approach. *Cooperstock J. Optometry*. 2012 Feb 15;83(2):87-94.
- 124 Kelly KR, Jost RM, Dao L, Beauchamp CL, Lefer JN, Birch EE. Binocular iPad Game vs. Patching for Treatment of Amblyopia in Children: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol*. 2016 Dec 1; 134(12):1402-08.
- 125 Webber A, L, Wood JM, Thompson B. Fine motor skills of children with amblyopia improve following binocular treatment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57:4713-4720
- 126 Holmes JM, de Occlu-pad, Manh VM, Lazar EL, Beck RW, Birch EE, Kraker RT, et al. Effect of a Binocular iPad Game vs. Part-time Patching in Children Aged 5 to 12 Years With Amblyopia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol*. 2016 Dec 1; 134(12):1391-400.
- 127 Guo CX, Babu RJ, Black JM, Bobier WR, Lam CSY, Dai S, et al. Binocular treatment of amblyopia using videogames (BRAVO): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2016 17:504.
- 128 Portela J, ¿Puede un óptico optometrista rehabilitar el área visual del cerebro en un sujeto ambliope? Artículo Científico. *Gaceta*. 535 / Abril 2018
- 129 Li SL, Reynaud A, Hess R F, Wang YZ, Jost RM, Morale SE et al. Dichoptic movie viewing treats childhood amblyopia. *J AAPOS*. 2015 Oct; 19(5): 401-05.

- 130 Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and Amblyopia: A Mini-review. *Vision Res* 2015;114:17-30.
- 131 Portela J, Martín-González S, Ruiz-Alcocer J, Lliaramendi-Mendicute I, Garrido-Mercado R. A Random Dot Computer Video Game Improves Stereopsis. *Optom Vis Sci* 2018; Vol 95 (6). 523
- 132 von Helmholtz, H. (1924). *Tratado de Helmholtz en Óptica Fisiológica*, Vol. 1, tercera . Edn alemán. Rochester, Nueva York: Optical Society of America. doi: 10.1037 / 13536-000 Watanabe,
- 133 Holden, BA, Fricke, TR, Ho, SM, Wong, R., Schlenker, G., Cronje, S., et al. (2008). trastorno de la visión global debido a la presbicia no corregida. *Arco. Ophthalmol.* 126, 1731-1739. doi: 10.1001 / archophth.126.12.1731
- 134 J Deveau, A Seitz. Applying perceptual learning to achieve practical changes in vision. Department of Psychology. University of California, Riverside, CA, USA. *Frontiers in Psychology*. October 2014.
- 135 A Kueider, J Parisi, A Gross, G Rebok. Computerized Cognitive Training with Older Adults: A Systematic Review. Department of Mental Health, University Baltimore. Harvar Medical School, Boston. *Plos One*. July 2012.
- 136 Patricia Belchior, Michael Marsiske, Shannon M. Sisco, Anna Yam, Daphne Bavelier, Karlene Ball, William C. Mann. Video Game Training to improve selective visual attention in older adults. *Computers in Human Behavior*. Elsevier. March 2013.
- 137 Torres A (2008) Cognitive effects of video games on older people. *ICDVRAT*: 19: 191-198
- 138 Drew B, Waters J (1986) Video games: Utilization of a novel strategy to improve perceptual motor skills and cognitive functioning in the non-institutionalized elderly. *Cogn Rehab*: 4(2): 26–31
- 139 Basak C, Boot WR, Voss MW, Kramer AF (2008) Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults? *Psychol Aging*: 23(4): 765–777
- 140 Jeffrey Cooper, O.D., & Jerome Feldman, Ph.D. Reduction of symptoms in binocular anomalies using computerized home therapy-HTS™. State University of New York College of Optometry. American Optometric Association. *Optometry* 2009; 80: 481-486.
- 141 Mitchell Scheiman, Jane Gwiazda & Tianjing Li. Non-surgical interventions for convergence insufficiency. National Institutes of Health. *Cochrane Database Syst Rev*. PMC 2014 December 29.
- 142 Jeffrey Cooper, O.D., M.S. Computerized Visión Therapy for Home and Office Treatment of Accommodative & Vergence disorders & Ambliopia. *Journal of Behavioral Optometry*. Voume 18/2007/Number 4/Page 88-93
- 143 Padula WV, Argyris S. Post trauma vision syndrome and visual midline shift syndrome. *NeuroRehabilitation* 1996;6(3):165–71.
- 144 Kerkhoff G, Munssinger U, Haaf E, Eberle-Strauss G, Stögerer E. Rehabilitation of homonymous scotomata in patients with postgeniculate damage of the visual system: saccadic compensation training. *Restor Neurol Neurosci* 1992;4(4):245–254.
- 145 Marshall RS, Ferrera JJ, Barnes A, Zhang X, O'Brien KA, Chmayssani M, et al. Brain Activity Associated With Stimulation Therapy of the Visual Borderzone in Hemianopic Stroke Patients. *Neurorehabil Neural Repair*. 2007
- 146 Huxlin, KR.; Riley, M.; Martin, T.; Kelly, K.; Hayhoe, M. Vision Down Under meeting. Cairns, Australia: 2007. Complex Visual Learning in the Absence of VI [Abstract].
- 147 Lee N-Y, Lee D-K, Song H-S. Effect of virtual reality dance exercise on the balance, activities of daily living, and depressive disorder status of Parkinson's disease patients. *J Phys Ther Sci* 2015;27(1):145–7.
- 148 Bouwmeester L, Heutink J, Lucas C. The effect of visual training for patients with visual field defects due to brain damage: a systematic review. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007;78(6):555–564. [PubMed: 17135455]
- 149 Weiss PL, Katz N. "The Potential of Virtual Reality for Rehabilitation" *Journal of Rehabilitation and Developmental* 2004; 41(5): VII-X
- 150 Szekely G, Satava RM. "Virtual Reality in Medicine". *British Medical Journal* 1999; 319: 1305.

- 151 Michiel JA. "A Low-Cost Video Game Applied for Training of Upper Extremity Function in Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study". *Cyber Psychology & Behavior* 2008; 11(1): 27-32.
- 152 Gopher, D., Weil, M., & Bareket, T. (1994). Transfer of skill from a computer game trainer to flight. *Human Factors*, 36(3), 387–405.
- 153 Feng, J., Spence, I., & Pratt, J. (2007). Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychological Science*, 18(10), 850–855.
- 154 Baker, C. I., Peli, E., Knouf, N., & Kanwisher, N. G. (2005). Reorganization of visual processing in macular degeneration. *Journal of Neuroscience*, 25, 614–618.